بسم الله الرحمن الرحیم

صاحب امتیاز:
انجمن صنایع قندوشکر ایران

ناشر:
انجمن صنایع قندوشکر ایران

مدیر مسؤول:
علیرضا اشرف

سردبیر:
سیدمحمود کم‌گویان

هیأت تحریریه:
بهمن دانائی
محمدباقر باقرزاده
اسدالله موقری‌پور، غلامعباس بهمنی
حسن حمدی، عزت‌الله رضایی عراقی
رضا شیخ‌الاسلامی، سیدیعقوب صادقیان
ایرج علیمرادی، کاوه مختاری
و
محمدصادق جنان‌صفت

تصحیح:
زهره بابائی

امور فنی:
صفحه‌آرا: علی صائمی
حروفنگار: حمیدرضا خدابخش

مسؤول وب‌سایت:
محمدرضا عبدوس

لیتوگرافی و چاپ:
ایران‌مصور

info@ISFS.ir
www.ISFS.ir

۲۳۲
۲۳۳

دو ماهنامه کشاورزی
صنعتی، اقتصادی
چغندرقند و نیشکر
سال سی و نهم
شماره ۲۳۲-۲۳۲
مرداد- شهریور- مهر- آبان ۱۳۹۵

تهران، میدان دکتر فاطمی
خیابان شهید گمنام، شماره ۱۴
تلفن: ۸۸۹۶۵۷۱۵-۸۸۹۶۹۹۰۳
فاکس: ۸۸۹۶۹۰۵۵

دراین شماره می‌خوانید:

- سرمقاله/ امید و پایداری شیرین ● ۲
- ضایعات بعد از برداشت در رابطه با شدت پوسیدگی‌های طوقه و ریشه ریزوکتونیایی در زمان برداشت ● ۳
- بازیافت واکس، پروتئین و ساکارز از گل فیلترپرس - بعنوان پسماند در صنعت قند نیشکر ● ۱۴
- راهکارهای کاهش هزینه‌های تولید رفع گلوگاه‌ها و افزایش ظرفیت ● ۱۷
- انرژی و محیط زیست در تولید شکر از چغندر قند ● ۲۲
- گزارش بهره‌برداری ۱۵-۲۰۱۴ اتحادیه شکر آلمان - شاخه شمال ● ۲۸

- کلیه کارشناسان و صاحب‌نظران می‌توانند مقالات خود را در مجله صنایع قند به‌چاپ برسانند.
- حق ویرایش، حذف و اصلاح مطالب برای مجله محفوظ است.
- مقالات ارسالی به‌هیچ‌وجه مسترد نخواهد شد.
- مطالب مطرح شده در مقالات بیانگر نظرات نویسنده و مترجمان است.

امید و پایداری شیرین

محمدصادق جنان‌صفت

زندگی عادی برای هرپدیده اجتماعی، اقتصادی و سیاسی وجه غالب در دوران حیات است و در شرایط مساعد نباید زندگی پدیده‌ها دستخوش تحولات ناشناس شود. این مفهوم اما درباره صنعت قدیمی‌قند و شکر ایران به مثابه یک پدیده چند وجهی مصداق پیدا نکرد و از ۱۳۷۹ به بعد تحولات بنیادین را تجربه کرده است. مدیران ارشد برنامه‌ریزی ایران در تدوین برنامه سوم توسعه ۵ ساله پس از پیروزی انقلاب اسلامی‌تصمیم به آزادسازی قندو شکر از برخی قیدها و بندهای تاریخی گرفتند و راه نجات صنعت از شرایط نامساعد انحصار دولت را، آزادسازی دیدند. بر اساس مفاد قانون برنامه سوم توسعه بود که اندازه‌ای از آزادی عمل درباره خرید وفروش و قیمت‌گذاری داده شد. بر اساس برنامه‌های اجرایی تدوین شده سرچشمه گرفته از قانون برنامه سوم که در برنامه چهارم نیز تکرار شد صنعت قند و شکر باید ضمن تقویت بنیان‌های اقتصادی از مسیر تعرفه‌های گمرکی حمایت می‌شد تا در برابر واردات با دلارهای ارزان نگه داشته شده و دامپینگ تجار خارجی و ترفندهای مخالفان داخلی شدن مقاومت کند. این داستان و برنامه طراحی شده اما از سال ۱۳۸۴ و با روی کار آمدن دولت جدید نادیده گرفته شد. دولت نهم مستقر شده پس از انقلاب اسلامی‌در ایران تصمیم عجیبی گرفت و نرخ تعرفه واردات شکر را در تصمیمی‌غیر قابل جلوگیری به صفر رساند. تیم فکری واردکنندگان عمده شکر نیز تصمیم یاد شده را با نظریه‌های خاص پشتیبانی می‌کرد. بطور مثال این گروه که در میان آنها برخی مقامهای میانی دولت نهم نیز دیده می‌شدند بدون اینکه شرایط مقایسه به صورت واقعی ارزیابی شود قندو شکر ملی را ازنظر قیمت تمام شده باشکر وارداتی مقایسه می‌کردند. بر اساس ادبیات این تیم فکری چون قیمت شکر وارداتی ارزان‌تر از شکر تولید داخل است باید اجازه داد تا واردات اتفاق بیفتد تا رقابت شکل بگیرد و ازسوی دیگررفاه مصرف‌کننده افزایش یابد. این گروه توجیه‌گر واردات و تجار خصوصی واردکننده شکر اما یادشان می‌رفت یا خود را از سر قصد به فراموشی می‌زدند که میانگین نرخ تورم در ایران در همه ۳ دهه قبل از این مقایسه دست‌کم سه برابر نرخ تورم کشورهای اصلی صادرکننده عمده شکر بوده است. این تیم فکری توجه نمی‌کردند که دولت‌های ایران با هدف راضی نگه داشتن همه مردم از اقدام اصولی یکسان‌سازی نرخ ارز اجتناب کرده و تعادل را به نفع واردات تعیین می‌کردند. افزایش هزینه تأمین مالی برای کارخانه‌های قند و شکر ایران روندی عجیب بود که باز هم قدرت رقابت را کاهش می‌داد. نتیجه سیاست‌گذاری بر پایه تصورات غیرکارشناسی و به سود واردات این شد که تولید قند و شکر از یک میلیون و ۳۰۰ هزار تن به حدود ۵۰۰ هزار تن سقوط کرد و صنعت قند در معرض یکی از بدترین تهدیدها قرارگرفت و تا انتهای دره نیستی رانده شد.

در حالی که نادانان و غفلت‌زدگان دولتی خواسته یا ناخواسته به سود واردکنندگان انحصاری قند و شکر تصمیم می‌گرفتند اما امید به آینده‌ای روشن و پایمردی خانواده بزرگ تولید داخلی قند وشکر بازی را برگرداند و برخی قانون‌ها سد راه واردات شد. عبور قند و شکر از دام بزرگ با مرارت و سختکوشی اتفاق افتاد تا اینکه دولت یازدهم اداره اقتصاد کشور را در دست گرفت. برخی تصمیم‌های غیرکارشناسی در اوایل کار دولت فعلی در ماه‌های نخست که از سوی معاونت تنظیم بازار وزارت جهادکشاورزی اتخاذ و در یکی از کارگروه‌های نهاد ریاست جمهوری تقویت می‌شد دردسر تازه ای درست کرد و روزهای عجیب و غریبی برای صنعت قند رقم زد. بی‌وفایی به عهد و پیمان‌شکنی از سوی گروهی که انتظار می‌رفت حامی تولید داخلی باشند اما نتایج تصمیم‌هایشان به زیان خانواده تولید شد مدیران این صنعت را وارد دور تازه ای از روزهای سخت کرد. مدیران این صنعت از یک سو نمی‌خواستند کلیت دولت آسیب ببیند و از سوی دیگر شاهد بدتر شدن شرایط بودن و این یک معما شده بود. سرانجام حقیقت روشن شد و مدیریت ارشد وزارت جهاد سازندگی تصمیم به اصلاح امور گرفت. روزهای ناامیدی کنار رفتند و امید و آرزوی پیشرفت به درون صنعت آمده است. اکنون و در شرایط تازه چند کار باید انجام شود.

نخستین گام باید در درون خانواده بزرگ صنعت برداشته شود و آن گام این است که تصورات از آینده بازار قند و شکر در داخل و خارج بازنگری شود. این باز نگری باید مطابق با همه واقعیت‌ها باشد. به این معنی که هرگروه ذی‌نفع باید نهایت تلاش خود را انجام دهد که با بهره‌وری کامل ادامه فعالیت دهد تا سایه و کابوس ۱۳۸۵ از سر بازار شکر دور شود.

گام بعدی این است که امید برگشته به صنعت قند را با اتخاذ تصمیم‌های سخت ولی مقاوم‌کننده را نگه داریم. اتخاذ تصمیم‌هایی که در کوتاه‌مدت به خانواده فشار وارد می‌کنند اما آینده‌ای خوب را نوید می‌دهند اکنون ضرورت دارد. استفاده از حسن‌نیت کلیت دولت فعلی که قصد دارد از صنعت قند حمایت کند شرط عقل و منطق است. فرصت امروز شاید دوباره تکرار نشود و معلوم نیست که همواره ادامه یابد.

ضایعات بعد از برداشت در رابطه با شدت پوسیدگی‌های طوقه و ریشه ریزوکتونیایی در زمان برداشت

نقل از مجله: American Sugarbeet No ۱,۲/ ۲۰۱٤

نوشته: L. G Campbell
ترجمه دکتر ایرج علیمرادی

خلاصه:

به منظور بررسی اثر پوسیدگی‌های طوقه و ریشه ریزوکتونیایی بعد از برداشت در سیلو، ریشه‌های با علائم مشابه (بر پایه اشل صفر بدون پوسیدگی و ۷ معادل صددرصد آلوده) گروه‌بندی شد، و در آن‌ها غلظت ساکارز قابل استحصال، مقدار قند انورت و میزان تنفس ۳۰ و ۹۰ روز بعد از برداشت اندازه‌گیری شد. میزان تنفس ریشه‌ها در سی روز پس از برداشت و با شاخص بیماری ۳، ۴ و ۵ به ترتیب ۲۲، ۹۲ و ۲۱۳ درصد بیشتر از ریشه‌های با شاخص بیماری ۲ بود. در ۹۰ روز پس از برداشت و در همین شاخص‌های بیماری میزان تنفس به ترتیب ۱۷، ۸۴ و ۲۰۱ درصد افزایش یافت.

غلظت ساکارز قابل استحصال در ۳۰ روز پس از برداشت با شاخص بیماری ۳، ۴ و ۵ به ترتیب ۴، ۱۲ و ۲۹ درصد کمتر از ریشه‌های با شاخص بیماری ۲ تولید شد. در مقایسه با شدت آلودگی ۲، غلظت ساکارز قابل استحصال نمونه‌های گرفته شده در ۹۰ روز پس از برداشت در شاخص‌های بیماری ۳، ۴ و ۵ به ترتیب ۴، ۱۶ و ۳۵ درصد کاهش داشتند. غلظت قند انورت ریشه‌های با شاخص بیماری ۴ و ۵ به ترتیب ۳/۳ و ۱۰/۸ برابر بیشتر از ریشه‌های با شاخص بیماری ۳ در ۳۰ روز پس از برداشت بودند. در ۹۰ روز پس از برداشت ریشه‌های با شاخص بیماری ۴ و ۵ به ترتیب ۶/۶ و ۲۶/۱ برابر قند انورت تولید کرده بودند.

مقدمه:

بیشتر مزارع چغندر قند (بتا وولگاریس) قبل از بروز یخبندان پاییزه برداشت و برای فرآوری در زمستان و در برخی مناطق حتی در اوایل بهار در سیلوهای بزرگ نگهداری می‌شوند. کارخانه‌های قند پروتکل‌هایی تنظیم کرده‌اند که با استفاده از منابع مختلف مانع کاهش ضایعات ساکارز و از بین رفتن کیفیت چغندر قند پس از برداشت در سیلو می‌گردد. با وجودی که ریشه‌های تمیز، بدون علائم بیماری و با کمترین خسارت مکانیکی ایده‌آل است لیکن گاهی تعدادی ریشه‌های آلوده به یک یا دو بیماری از مزرعه به سیلو وارد می‌گردند.

بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه که توسط قارچ ریزوکتونیا سولانی ایجاد می‌گردد، یک بیماری قارچی خاکزی است که اگر نه در تمام دنیا بلکه در بیشتر مزارع چغندر کاری جهان شیوع دارد. در یک شکل بیماری آلودگی از طوقه شروع می‌گردد. در شکل دیگری آلودگی شامل پوسیدگی از انتهای ریشه می‌باشد. در حالی که محل اولیه آلودگی متفاوت می‌باشد ولی در هر دو شکل، آلودگی سبب پوسیدگی ریشه با شدت‌های متفاوت از جزئی تا بسیار شدید و حتی غیرقابل برداشت می‌گردد. شدت آلودگی بستگی به حساسیت رقم، شدت تهاجمی بودن ایزوله قارچ، مقدار اینوکولوم، سن ریشه، زمان آلودگی و شرایط محیطی دارد. علائم برگی در هر دو شکل شامل پژمردگی ناگهانی و ظهور زخم‌های قهوه‌ای تیره و تار در روی دمبرگ می‌باشد. به دلیل افزایش شیوع و شدت آلودگی این بیماری در سال‌های اخیر در دشت‌های شمالی دریاچه بزرگ آمریکا ریشه‌های آلوده بیشتری از این مناطق به سیلو وارد شده‌اند. مطالعاتی در سال ۲۰۰۸ به منظور تأثیر سیلو کردن ریشه‌های سالم همراه با مریض انجام شده است. قبل از سیلو شدن غلظت ساکارز نمونه‌هایی که به نسبت صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد و با شدت آلودگی به ترتیب ۱۸/۳، ۱۷/۰، ۱۶/۶، ۱۵/۶، ۱۳/۷ و ۱۱/۶ با هم مخلوط شده بودند، اندازه‌گیری شده است.

مطالعات قبلی نشان داده بود که بیماری‌های دیگری نظیر پوسیدگی‌های ریشه ناشی از آفانومایسز، ریزومانیا و فوزاریوم سبب افزایش میزان تنفس ریشه، کاهش مقدار ساکارز و افزایش قند انورت در سیلو می‌گردند. ریشه‌های برداشت شده چغندر قند اگر یخ نزده باشند به طور مرتب و به منظور تولید انرژی جهت بهبود زخم‌هایی که در طول برداشت ایجاد شده است و محافظت گیاه بر علیه بیماری‌ها و حفظ سلامت گیاه تنفس می‌نمایند. تنفس به تنهایی عامل بیش از ۸۰ درصد ضایعات ساکارز در سیلو می‌باشد. قند انورت فرآورده‌ای است که از شکسته شدن ساکارز به دست می‌آید. افزایش قند انورت باعث مصرف کربنات سدیم برای نگهداری اسیدیته شربت، افزایش مقدار بخار و افزایش رنگ شربت شده که مانع تولید شکر سفید می‌گردند. حتی اختلاف کمی در ضایعات ساکارز و تغییرات در کیفیت فرآوری در طول زمان سیلو تأثیر اقتصادی معنی‌داری خواهد داشت. صنایع قند به اطلاعاتی در خصوص تأثیر پوسیدگی ریشه و طوقه ریزوکتونیایی بر ضایعات پس از برداشت به منظور توسعه راهکارهایی برای کاهش ضایعات ناشی از ریشه‌های بیمار که به سیلو وارد می‌گردند و تعیین زمانی که مزرعه بایستی رها گشته و برداشت نشود نیاز دارند.

هدف از این مطالعه تعیین اثر پوسیدگی ریشه و طوقه ناشی از

بیماری ریزوکتونیا بر غلظت ساکارز قابل استحصال، غلظت قند انورت و میزان تنفس ارقام مختلف چغندر قند (با مقاومت‌های مختلف) پس از برداشت و هنگامی که ریشه‌های گروه‌های مختلف از سالم تا کاملاً مریض تا مدت ۹۰ روز در سیلو نگهداری می‌شوند، می‌باشد.

مواد و روش آزمایش

تمامی ریشه‌های استفاده شده برای ارزیابی پس از برداشت از آزمایش‌های مرکز تحقیقات و مطالعات میدانی نورت وست دانشگاه مینسوتا در کروکستون در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ بوده است. سه رقم چغندر قند تجارتی شامل یک رقم حساس به پوسیدگی طوقه و ریشه: اش ۵۳۹ آرآر: یک رقم با مقاومت نسبی: بی- ۸۷ آرآر ۳۸ و یک رقم مقاوم اچ-۲۲، ۴۰ آرآر در دهم ماه می (اول اردیبهشت) ۲۰۱۰ کاشته شدند. همین سه رقم به اضافه یک رقم نیمه‌مقاوم دیگر به نام بی۸۸ آرآر۶۱ در ۱۷ می ۲۰۱۱ و ۳۰ آوریل ۲۰۱۲ کاشته شدند. بذور به فاصله شش سانتیمتر کاشته و سپس به فاصله ۱۷سانتیمتر تنک شدند. فاصله بین خطوط ۵۶ سانتیمتر و طول خط هر کرت ۹/۱ متر بود. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط بود. طرح آزمایشی کرت‌های خورد شده با چهار تکرار بود که کرت اصلی زمان مایه‌کوبی و کرت‌های فرعی ارقام بودند. ارقام چغندر قند با دانه‌های جو آلوده شده به قارچ ریزوکتونیا سولانی مایه‌کوبی شدند. با محلول پاش مارک گاندی بر روی ردیف‌ها و داخل طوقه ۷، ۹ و ۱۱ هفته بعد از کاشت (به ترتیب ۲۸، ۴۰ و ۴۰ گرم درهر کرت ۹/۱) متری در سال ۲۰۱۰ و ۷ و ۹ هفته بعد از کاشت (۲۸ گرم در هر ردیف ۹/۱ متری) در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ مایه‌کوبی شدند. برای تهیه ماده تلقیح، از یک نژاد ریزوکتونیا سولانی مؤسسه تحقیقات بین‌المللی چغندرقند که در سال ۱۹۸۷ در دره ریو از لوبیا جدا شده بود و به دفعات بر روی چغندر قند آزمایش شده بود استفاده شد. یک شاهد بدون تلقیح نیز برای هر سال و هر رقم نگهداری شد. مایه‌کوبی‌های چند گانه، درجات متعددی از شدت آلودگی در زمان برداشت به وجود آورد. بعد از مایه‌کوبی کرت‌ها را کولتیواتور زده تا خاک به کنار طوقه ریخته و آلودگی توسط قارچ ایجاد گردد. در هر سال آزمایش، پوسیدگی‌ها کاملاً ملموس و علائم در ارقام مشاهده شد. در تمام سال‌ها به منظور برداشت محصول کافی و با کیفیت مطلوب، برنامه تغذیه مناسب اعمال شد.

آزمایش‌ها به ترتیب در ۱۶ سپتامبر (۲۶ مهر) ۲۰۱۰، ۱۴ سپتامبر (۲۴ مهر) ۲۰۱۱ و ۱۰ سپتامبر (۲۰ مهر) ۲۰۱۲ برداشت شدند. ریشه‌های هر رقم بر اساس شاخص آلودگی رشل از صفر تا ۷ مشخص شدند. شاخص صفر: سطح ریشه‌ها کاملاً تمیز و فاقد هر نوع زخم ناشی از پوسیدگی، شاخص ۱: زخم‌های سطحی و پراکنده غیرفعال، شاخص ۲: زخم‌های خشک کم‌عمق با پوشش کمتر از ۵ درصد، شاخص ۳: شیارهای خشک عمیق در طوقه و اطراف ریشه توسعه یافته و حدود ۶ تا ۲۵ درصد سطح ریشه را پوشانده است، شاخص ۴: پوسیدگی وسیع در سطح ۲۵ تا ۵۰ درصد با زخم‌ها وشیارهای به عمق پنج میلیمتر، شاخص ۵: ۵۰ درصد سطح ریشه‌ها سیاه شده و داخل بافت ریشه نیز نفوذ کرده است، شاخص ۶: قسمت اعظم ریشه‌ها به استثنای قسمت انتهایی سیاه شده است و شاخص ۷: تمامی ریشه آلوده شده و قسمت‌های هوایی پلاسیده شده‌اند. ریشه‌های هر رقم در پنج گروه صفر به اضافه یک، ۲، ۳، ۴ و ۵ با ۳۰ ریشه در هر گروه و تکرار طبقه‌بندی شدند. ریشه‌های شاخص ۶ و ۷ به علت پوسیدگی شدید برداشت نشدند و در نتیجه در سیلو نیز قرار نگرفتند. به علت نبود تعداد کافی ریشه شاخص ۵ در رقم مقاوم اچ ۴۰۲۲ آرآر از این تیمار در تجزیه و تحلیل‌های سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ استفاده نشد. به منظور تأمین ریشه سالم و کافی برای سیلو کردن در ارقام حساس و نیمه‌حساس شاخص صفر و یک اغلب از ریشه کرت‌های تلقیح نشده استفاده شده است.

ریشه‌های برداشت شده تماماً به فارگو در داکوتای شمالی انتقال و در آنجا شسته و در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. کیسه‌های محتوی چغندر قند را در اتاق‌های با ۵ درجه سانتیگراد و ۹۰ تا ۹۵ درصد رطوبت قرار داده شدند. میزان تنفس را (میلی‌گرم گاز کربنیک در کیلوگرم در هکتار) ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از برداشت اندازه‌گیری شد. غلظت ساکارز قابل استحصال و قند انورت پس از ۳۰ و ۹۰ روز اندازه‌گیری شدند. میزان تنفس در نمونه‌های ده ریشه‌ای با استفاده از تجزیه‌کننده‌های مادون گاز کربنیک و یک روش باز با جریان مداوم هوا بر فراز ریشه‌ها اندازه‌گیری شدند. غلظت ساکارز به روش ساکاریمتری و با استفاده از خمیر صاف شده با سولفات آلومینیم اندازه‌گیری شد. خلوص شربت نیز به روشی که **دکستر** شرح داده اندازه‌گیری شد. برای تعیین ماده خشک از ۲۰ گرم خمیر که در ۸۰ درجه سانتیگراد خشک شده بود استفاده شد. غلظت ساکارز قابل استحصال در نمونه‌های ۳۰ روز پس از برداشت بر پایه چغندر تازه محاسبه شد. غلظت ساکارز قابل استحصال در نمونه‌های ۹۰ روز پس از برداشت با تغییرات مقدار آب چغندرهای ۹۰ روز نگهداری شده و معادل آن در ۳۰ روز پس از برداشت تنظیم شده است. از محلول صاف شده‌ای که برای تعیین غلظت ساکارز استفاده شده بود برای تعیین غلظت قند انورت نیز استفاده شد. غلظت قند انورت (گلوکز + فروکتوز) با روش کلریمتری اندازه‌گیری و با گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز مشخص شد.

داده‌های مربوط به پس از برداشت را در طرح کرت‌های کامل تصادفی(۱۲) با چهار تکرار، سه رقم و پنج شدت بیماری و با استفاده از روش **پروک جی، ال، ام** تجزیه و تحلیل شد. میانگین‌ها از روش حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد مقایسه شده‌اند. از کنتراست درجه انفرادی برای تعیین معنی‌دار بودن ارتباط خطی و دو طرفه بین شدت بیماری و هر یک از متغیرها استفاده شده است. تجزیه و تحلیل شدت‌های بیماری به عنوان متغیرهای مستقل و میزان تنفس، غلظت ساکارز قابل استحصال و غلظت قند انورت به

عنوان متغیرهای وابسته به کار گرفته شد تا رابطه بین شدت بیماری و عوامل مؤثر در سیلوپذیری کمی گردند. به دلیل اختلاف زیاد سال به سال در واریانس‌ها و میانگین ساکارز قابل استحصال و قند انورت برای تمام پنج شـدت بیماری در داخل هر سال قبل از تجزیه رگرسیونی با اسـتفاده از روش استاندارد **پروک** به میانگین و واریانس معمولی استاندارد شدند.

میانگین داده‌های اسـتاندارد شـده برابر میانگین کلـی هر متغیر بود. واریانس نیز میانگین واریانس‌های سـه سـال آزمایش بود. بررسی اینکه میانگین میزان تنفس در ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از برداشت رقم بی – ۸۷ آر، آر، ۳۸ به طور مداوم کمتر از میزان تنفس مشابه در دو رقم دیگر در تمام شدت‌های بیماری در سال ۲۰۱۰، سبب شد تا رقم نیمه متحمل دیگری بـی-۸۸ آر، آر ۶۱ در آزمایش‌های سـال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ گنجانده شـود. اختـلاف بین میزان تنفس رقم بی۳۸ و بی۶۱ که هر دو نیمه متحمل به ریزوکتونیا هستند برای تمام گروه‌های بیماری، نمونه‌گیری پس از برداشت و تکرارها در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ (تعداد ۱۲۰) با روش **تی- تست** به طور جفتی با هم مقایسه شدند. از همین روش آماری برای مقایسه غلظت ساکارز قابل استحصال و قند انورت دو رقم (تعداد ۸۰) استفاده شد.

نتایج

تنفس پس از برداشت

اختـلاف معنی‌دار ارقام در میزان تنفس ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از برداشت در سال ۲۰۱۰ و ۹۰ روز پس از برداشت سال ۲۰۱۲ در مقایسـه با اختلافات معنی‌دار شدت آلودگی برای تمام زمان‌های نمونه‌گیری و سال‌ها کمتر بود (جدول‌های ۱، ۲ و ۳). تنها اثر متقابل معنی‌دار بین رقم در شدت بیماری از نظر میزان تنفس برای نمونه‌برداری ۶۰ روز پس از برداشـت در ۲۰۱۰ و ۹۰ روز پس از برداشـت سال ۲۰۱۲ بود. به نظر می‌رسد که این اثر متقابل به خاطر تغییرات تنفسی بین رقم اش- ۵۳۹ و اچ- ۴۰۲۲ و تنفـس بـالای رقم اش- ۵۳۹ در ریشه‌های با شدت بیماری ۵ (جدول ۱) در مقایسه با دو رقم دیگر در سال ۲۰۱۰ باشد. در سال ۲۰۱۲ رقم بی-۳۸ دارای کمتریـن میزان تنفس در مقایسـه دو رقـم دیگر در تمامی شدت‌های بیماری بوده است. به علاوه میزان تنفس ریشه‌های رقم بی-۴۱ با شـدت آلودگی ۵ نسـبت به سـایر شدت‌های بیماری در مقایسه با سایر ارقام بیشتر بود

جدول ۱- میزان تنفس ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از برداشت و غلظت ساکارز قابل استحصال و قند انورت ریشه‌های ارقام حساس اش-۵۳۹، نیمه مقاوم بی-۳۸ و مقاوم اچ-۲۲ در ۳۰ و ۹۰ روز پس از برداشت در سال ۲۰۱۰

شاخص بیماری پوسیدگی ریشه ریزوکتونیایی (۰-۷)*

رقم	۰-۱	۲	۳	۴	۵	میانگین
میزان تنفس (میلی‌گرم گاز کربنیک در کیلوگرم در هکتار) ۳۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۳/۳۶	۳/۶۶	۳/۷۶	۴/۸۰	۷/۸۷	*۴/۶۹
بی-۳۸	۳/۴۳	۳/۱۴	۳/۱۹	۳/۸۳	۴/۶۲	۳/۶۴ بی
اچ-۴۰۲۲	۳/۸۳	۳/۴۸	۴/۰۳	۴/۶۲	۶/۳۳	۴/۴۶ آ
میانگین	۳/۵۴ سی	۳/۴۳ سی	۳/۶۶ بی‌سی	۴/۴۲ بی	۶/۲۷ آ	۴/۲۶

میزان تنفس (میلی‌گرم گاز کربنیک در کیلوگرم در هکتار) ۶۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۳/۳۴	۴/۰۱	۴/۵۵	۴/۳۶	۸/۳۶	۴/۹۲ آ
بی-۳۸	۳/۱۳	۲/۹۰	۳/۰۹	۳/۸۶	۴/۸۳	۳/۵۶ سی
اچ-۴۰۲۲	۴/۴۵	۳/۴۷	۴/۲۴	۴/۴۷	۴/۸۸	۴/۳۰ بی
میانگین	۳/۶۴ بی‌سی	۳/۴۶سی	۳/۹۶بی‌سی	۴/۲۳بی	۶/۰۲	۴/۲۶

میزان تنفس (میلی‌گرم گاز کربنیک در کیلوگرم در هکتار) ۹۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۴/۹۹	۵/۰۱	۵/۸۰	۵/۸۱	۷/۸۸	۶/۰۰آ
بی-۳۸	۴/۵۲	۳/۴۳	۳/۴۲	۳/۹۷	۴/۶۴	۴/۰۰سی
اچ-۴۰۲۲	۴/۸۵	۳/۵۴	۴/۲۶	۵/۱۰	۶/۴۸	۴/۸۵بی
میانگین	۴/۷۹بی	۴/۱۶بی	۴/۵۰بی	۴/۹۶بی	۶/۳۳آ	۴/۹۵

ساکارز قابل استحصال (کیلوگرم در تن) ۳۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۱۵۲	۱۵۲	۱۴۸	۱۳۱	۱۱۲	آ۱۳۹
بی-۳۸	۱۵۰	۱۴۷	۱۳۹	۱۴۰	۱۳۸	آ۱۴۳
اچ-۴۰۲۲	۱۵۱	۱۷۵	۱۴۷	۱۳۸	۱۲۴	آ۱۴۷
میانگین	۱۵۱آبی	آ۱۵۸	۱۴۵بی‌سی	۱۳۶سی‌دی	۱۲۴دی	۱۴۳

ساکارز قابل استحصال (کیلوگرم در تن) ۹۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۱۴۷	۱۴۵	۱۴۴	۱۳۹	۱۰۹	آ۱۳۷
بی-۳۸	۱۵۳	۱۴۶	۱۴۱	۱۳۹	۱۲۸	آ۱۴۱
اچ-۴۰۲۲	۱۴۹	۱۴۴	۱۵۲	۱۳۷	۱۲۶	آ۱۴۲
میانگین	آ۱۵۰	۱۴۵آبی	۱۴۶آبی	۱۳۸بی	۱۲۱سی	۱۴۰

قند انورت (گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز در هکتار) ۳۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۱/۲۳	۱/۵۴	۱/۷۶	۲/۵۳	۶/۴۴	آ۲/۷
بی-۳۸	۱/۲۴	۱/۰۹	۱/۹۹	۲/۹۲	۳/۵۲	آ۲/۱۵
اچ-۴۰۲۲	۱/۲۱	۱/۲۶	۱/۵۲	۱/۹۷	۴/۳۱	آ۲/۰۵
میانگین	۱/۲۳سی	۱/۳۰سی	۱/۷۶بی‌سی	۲/۴۷بی	آ۴/۷۶	۲/۳۰

قند انورت (گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز در هکتار) ۹۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۱/۴۳	۲/۲۶	۲/۵۸	۴/۴۴	۶/۰۷	آ۳/۳۵
بی-۳۸	۱/۱	۱/۵۳	۲/۴۲	۲/۱۸	۴/۹۹	آ۲/۴۶
اچ-۴۰۲۲	۱/۹۷	۱/۴۷	۲/۰۲	۲/۶۴	۴/۷۲	آ۲/۵۰
میانگین	۱/۵۲سی	۱/۷۵سی	۲/۳۴بی‌سی	۲/۹۶بی	آ۵/۲۶	۲/۷۷

* اختلافات بین میانگین اثرات اصلی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند معنی‌دار نمی‌باشند.

** شاخص‌های بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه ریزوکتونیائی ۰ = سطح ریشه تمیز و بدون زخم قابل مشاهده ۱= زخم‌های سطحی و پراکنده غیرفعال ۲ = زخم‌های خشک کم عمق با پوشش کمتر از ۵ درصد ۳ = شیارهای خشک عمیق در طوقه و اطراف ریشه توسعه یافته و حدود ۶ تا ۲۵ درصد سطح ریشه را پوشانده است. ۴ = پوسیدگی وسیع در سطح ۲۵ تا ۵۰درصد با زخم‌ها و شیارهای به عمق پنج میلیمتر، ۵ = ۵۰ درصد سطح ریشه‌ها سیاه شده و داخل بافت ریشه نیز نفوذ کرده است. ۶= قسمت اعظم ریشه‌ها به استثنای قسمت انتهایی سیاه شده است و ۷ = تمامی ریشه آلوده شده و قسمت‌های هوایی پلاسیده شده‌اند. ریشه‌های با شاخص بیماری ۶ و ۷ مورد استفاده قرار نگرفتند زیرا پوسیدگی شدید مانع برداشت آنها شد.

شاخص بیماری پوسیدگی ریشه ریزوکتونیایی (۰-۷)*

رقم	۰-۱	۲	۳	۴	۵	میانگین
میزان تنفس (میلی‌گرم گاز کربنیک در کیلوگرم در هکتار) ۳۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۳/۶۲	۳/۸۷	۳/۸۵	۴/۵۰	۷/۷۲	آ۴/۷۱**
بی-۳۸	۳/۱۱	۳/۳۵	۳/۴۹	۳/۹۴	۵/۷۴	آ ۳/۹۳
بی-۶۱	۳/۷۳	۳/۷۸	۳/۶۴	۴/۴۸	۷/۸۶	آ ۴/۷۰
میانگین	۳/۴۹بی	۳/۶۷بی	۳/۶۶بی	۴/۳۱بی	آ۷/۱۱	۴/۴۵

میزان تنفس (میلی‌گرم گاز کربنیک در کیلوگرم در هکتار) ۶۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۴/۰۱	۴/۴۱	۴/۴۵	۶/۰۶	۱۰/۴۳	آ۵/۸۷
بی-۳۸	۳/۴۳	۴/۱۲	۳/۹۶	۵/۳۸	۷/۶۲	آ۴/۹۰
بی-۶۱	۳/۸۹	۴/۹۲	۴/۱۴	۵/۸۰	۸/۴۱	آ۵/۴۳
میانگین	۳/۷۸سی	۴/۴۸بی‌سی	۴/۱۸سی	۵/۷۵بی	آ۸/۸۲	۵/۴۰

میزان تنفس (میلی‌گرم گاز کربنیک در کیلوگرم در هکتار) ۹۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۵/۳۴	۴/۵۸	۴/۷۹	۶/۱۴	۹/۳۴	آ۶/۰۴
بی-۳۸	۳/۴۶	۳/۳۱	۴/۲۳	۵/۹۹	۸/۱۰	آ۵/۰۲
بی-۶۱	۴/۶۳	۴/۲۰	۴/۷۵	۵/۸۹	۸/۳۶	آ۵/۵۷
میانگین	۴/۴۸بی‌سی	۴/۰۳سی	۴/۵۹بی‌سی	۶/۰۰بی	آ۸/۶۰	۵/۵۴

ساکارز قابل استحصال (کیلوگرم در تن) ۳۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۱۵۸	۱۵۲	۱۴۶	۱۳۵	۱۰۶	آ۱۳۹
بی-۳۸	۱۵۰	۱۳۸	۱۴۵	۱۳۲	۱۰۶	آ۱۳۴
بی-۶۱	۱۵۷	۱۵۱	۱۵۴	۱۳۰	۱۰۸	آ۱۴۰
میانگین	آ۱۵۵	آ۱۴۸	آ۱۴۷	۱۳۲بی	۱۰۷سی	۱۳۸

ساکارز قابل استحصال (کیلوگرم در تن) ۹۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۱۳۹	۱۳۸	۱۲۸	۱۱۳	۸۶	آ۱۲۱
بی-۳۸	۱۳۵	۱۲۷	۱۲۶	۱۲۶	۱۰۰	آ۱۲۲
بی-۶۱	۱۳۴	۱۴۷	۱۴۹	۱۲۷	۸۸	آ۱۲۹
میانگین	آ۱۳۶	آ۱۳۷	آ۱۳۴	آ۱۲۲	۹۱بی	۱۲۴

قند انورت (گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز در هکتار) ۳۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۱/۵۸	۳/۹۴	۲/۹۳	۳/۷۸	۱۸/۶۱	آ۶/۱۷
بی-۳۸	۲/۴۸	۳/۴۲	۲/۶۹	۸/۸۸	۲۰/۶۵	آ۷/۶۲
بی-۶۱	۳/۷۸	۴/۰۵	۴/۱۵	۹/۶۹	۲۹/۳۲	آ۱۰/۲۰
میانگین	۲/۶۲بی	۳/۸۱بی	۳/۲۶بی	۷/۴۵بی	آ۲۲/۸۶	۸/۰۰

قند انورت (گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز در هکتار) ۹۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۲/۱۳	۳/۸۷	۲/۸۰	۵/۶۳	۱۱/۳۸	۵/۱۶بی
بی-۳۸	۲/۱۱	۰/۹۰	۴/۱۷	۳/۸۷	۱۶/۰۷	۵/۴۳بی
بی-۶۱	۴/۳۳	۲/۰۵	۴/۰۹	۵/۶۵	۲۱/۰۲	آ۷/۴۳
میانگین	۲/۸۶بی‌سی	۲/۲۸سی	۳/۶۹بی‌سی	۵/۰۵بی	آ۱۶/۱۶	۶/۰۰

* اختلافات بین میانگین اثرات اصلی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند معنی‌دار نمی‌باشند.

** شاخص‌های بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه ریزوکتونیائی ۰ = سطح ریشه تمیز و بدون زخم قابل مشاهده ۱ = زخم‌های سطحی و پراکنده غیرفعال ۲= زخم‌های خشک کم‌عمق با پوشش کمتر از ۵٪ ۳= شیارهای خشک عمیق در طوقه و اطراف ریشه توسعه‌یافته و حدود ۶ تا ۲۵٪ سطح ریشه را پوشانده

است. ۴= پوسیدگی وسیع در سطح ۲۵ تا ۵۰٪ با زخم‌ها و شیارهای به عمق پنج میلیمتر، ۵ = ۵۰٪ سطح ریشه‌ها سیاه شده و داخل بافت ریشه نیز نفوذ کرده است. ۶= قسمت اعظم ریشه‌ها به استثنای قسمت انتهایی سیاه شده است و ۷ = تمامی ریشه آلوده شده و قسمت‌های هوایی پلاسیده شده‌اند ریشه‌های با شاخص بیماری ۶ و ۷ مورد استفاده قرار نگرفتند زیرا پوسیدگی شدید مانع برداشت آنها شد.با ریشه‌های گروه ۵ که ۶/۲۷ میل‌گرم به کیلوگرم در هکتار و ریشه‌های شاخص ۴ که ۴/۴۲ میلی‌گرم به کیلوگرم در هکتار گاز کربنیک تولید کرده‌اند، مقدار ۳/۵۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار تنفس داشته است (جدول ۱). میانگین میزان تنفس ریشه‌ها در نمونه‌های گرفته شده در ۳۰ روز پس از برداشت سال ۲۰۱۱ نیز همین روند را دنبال کرده است (جدول ۲).

جدول ۲- میزان تنفس ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از برداشت و غلظت ساکارز قابل استحصال و قند انورت ریشه‌های ۳۰ و ۹۰ روز پس از برداشت رقم مقاوم اش-۵۳۹ و ارقام نیمه‌مقاوم ۸بی-۳ و بی-۶۱ به پوسیدگی در سال ۲۰۱۲

درجه بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه ریزوکتونیائی (۰-۷)*

رقم	۰-۱	۲	۳	۴	۵	میانگین
میزان تنفس (میلی‌گرم گاز کربنیک در کیلوگرم در هکتار) ۳۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۳/۸۸	۴/۰۶	۴/۱۸	۶/۸۰	۱۵/۲۴	آ۶/۸۳*
بی-۳۸	۲/۷۸	۳/۱۱	۳/۳۷	۴/۵۳	۱۱/۱۰	آ۴/۹۴
بی-۶۱	۳/۹۶	۴/۰۳	۳/۸۷	۵/۹۴	۱۴/۷۱	آ۶/۵۰
میانگین	۳/۵۴سی	۳/۷۳بی‌سی	۳/۸۱بی‌سی	۵/۷۶بی	آ۱۳/۶۸	۶/۱۰
میزان تنفس (میلی‌گرم گاز کربنیک در کیلوگرم در هکتار) ۶۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۳/۳۲	۳/۷۷	۴/۱۹	۶/۹۹	۱۴/۵۸	آ۶/۵۷
بی-۳۸	۲/۷۳	۳/۱۶	۳/۳۶	۴/۳۱	۱۶/۷۱	۶/۰۵
بی-۶۱	۳/۹۴	۴/۲۷	۴/۲۰	۶/۷۳	۱۸/۶۵	آ۷/۵۶
میانگین	۳/۳۳سی	۳/۷۳سی	۳/۹۲سی	۶/۰۱بی	۱۸/۶۴	۶/۷۳
میزان تنفس (میلی‌گرم گاز کربنیک در کیلوگرم در هکتار) ۹۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۳/۶۰	۴/۲۵	۴/۱۵	۷/۴۵	۱۶/۶۹	آ۷/۲۳
بی-۳۸	۲/۸۸	۳/۴۵	۳/۳۴	۵/۵۳	۱۰/۱۱	بی۵/۰۶
بی-۶۱	۴/۲۴	۴/۰۰	۴/۶۴	۶/۵۶	۲۳/۲۶	آ۸/۵۴
میانگین	۳/۵۷سی	۳/۹۰سی	۴/۰۴سی	۶/۵۱بی	آ۱۶/۶۹	۶/۹۴
ساکارز قابل استحصال (کیلوگرم در تن) ۳۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۱۶۲	۱۶۲	۱۶۴	۱۴۰	۱۰۸	آ۱۴۷
بی-۳۸	۱۶۲	۱۵۴	۱۶۱	۱۳۹	۱۰۹	آ۱۴۵
بی-۶۱	۱۶۸	۱۶۵	۱۶۴	۱۴۰	۱۰۴	آ۱۴۸
میانگین	آ۱۶۴	آ۱۶۰	آ۱۶۳	۱۴۰بی	۱۰۷سی	۱۴۷
ساکارز قابل استحصال (کیلوگرم در تن) ۹۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۱۵۴	۱۶۱	۱۶۹	۱۳۱	۶۱	آ۱۳۵
بی-۳۸	۱۶۰	۱۵۱	۱۵۳	۱۳۶	۷۶	آ۱۳۵
بی-۶۱	۱۶۴	۱۷۱	۱۵۰	۱۱۹	۵۰	آ۱۳۱
میانگین	آ۱۵۹	آ۱۶۱	آ۱۵۸	۱۲۸بی	۶۲سی	۱۳۴

قند انورت (گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز در هکتار) ۳۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۱/۳۶	۱/۸۵	۱/۲۸	۴/۱۴	۱۲/۷۲	آ۴/۲۷
بی-۳۸	۲/۱۰	۱/۶۸	۱/۴۸	۲/۵۷	۹/۸۷	آ۳/۵۴
بی-۶۱	۱/۷۳	۱/۷۶	۲/۱۶	۳/۸۴	۱۹/۲۲	آ۵/۷۴
میانگین	۱/۷۳بی	۱/۷۷بی	۱/۶۴بی	۳/۵۲بی	آ۱۳/۹۴	۴/۵۲

قند انورت (گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز در هکتار) ۹۰ روز پس از برداشت						
اش-۵۳۹	۲/۴۲	۵/۳۰	۵/۱۶	۱۲/۷۸	۶۰/۹۹	آ۱۷/۳۳
بی-۳۸	۲/۶۱	۴/۶۰	۵/۹۱	۶/۱۹	۴۱/۰۷	آ۱۲/۰۸
بی-۶۱	۳/۸۹	۶/۵۲	۳/۸۳	۱۳/۴۶	۷۳/۲۳	آ۲۰/۱۹
میانگین	۲/۹۸بی	۵/۴۸بی	۴/۹۷بی	۱۰/۸۱بی	۵۸/۴۳بی	۱۶/۵۳

* اختلاف بین میانگین اثرات اصلی که با حروف مشابه مشخص شده‌اند معنی‌دار نمی‌باشند.

** شاخص‌های بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه ریزوکتونیائی ۰ = سطح ریشه تمیز و بدون زخم قابل مشاهده ۱ = زخم‌های سطحی و پراکنده غیرفعال ۲= زخم‌های خشک کم‌عمق با پوشش کمتر از ۵٪ ۳= شیارهای خشک عمیق در طوقه و اطراف ریشه توسعه‌یافته و حدود ۶ تا ۲۵٪ سطح ریشه را پوشانده است. ۴= پوسیدگی وسیع در سطح ۲۵ تا ۵۰٪ با زخم‌ها و شیارهای به عمق پنج میلیمتر، ۵ = ۵۰٪ سطح ریشه‌ها سیاه شده و داخل بافت ریشه نیز نفوذ کرده است. ۶= قسمت اعظم ریشه‌ها به استثنای قسمت انتهایی سیاه شده است و ۷ = تمامی ریشه آلوده شده و قسمت‌های هوایی پلاسیده شده‌اند ریشه‌های با شاخص بیماری ۶ و ۷ مورد استفاده قرار نگرفتند زیرا پوسیدگی شدید مانع برداشت آنها شد.

اگرچه اختلاف ۳/۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار گاز کربنیک بین ریشه‌های سالم (۳/۴۹ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار) و ریشه‌های با شاخص بیماری ۵ (۷/۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار)، بیشتر از اختلاف ۲/۷۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار بررسی شده در سال ۲۰۱۰ بود. در سال ۲۰۱۲ (جدول ۳)، اختلاف ۱۰/۱۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار گاز کربنیک بین ریشه‌های سالم در ۳۰ روز پس از برداشت (۳/۵۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار) و ریشه‌های با شاخص بیماری ۵ (۱۳/۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار) بیشتر از اختلاف‌های موجود در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ بود. میزان تنفس در شاخص بیماری ۴ در مقایسه با شاخص‌های پایین تر به آرامی افزایش یافته است. اختلاف تنفس در ریشه‌های با شدت آلودگی ۳ و پایین‌تر در تمام سه سال و در سه مرحله نمونه‌گیری ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از برداشت نسبتاً کم بود.

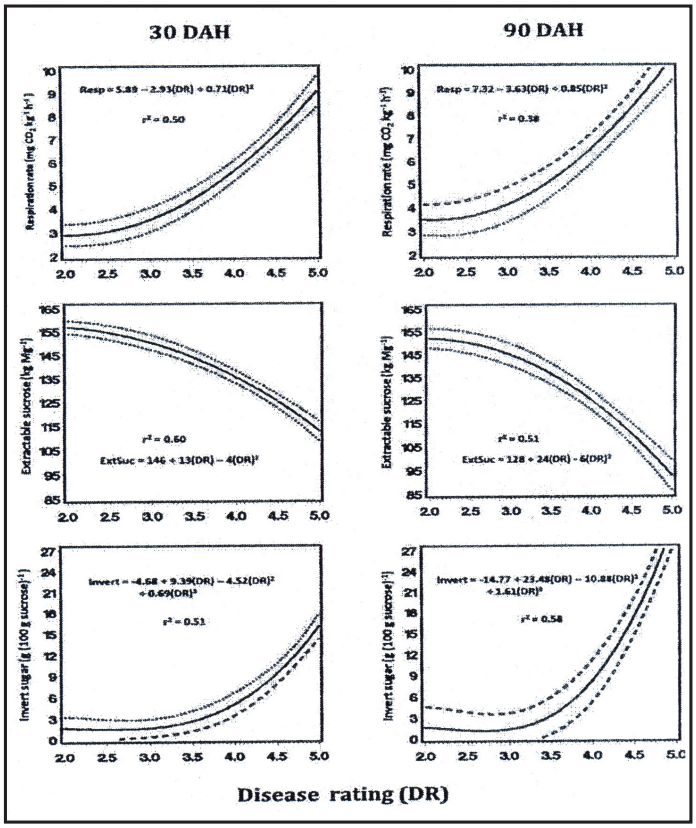
در ۹۰ روز پس از برداشت، میزان تنفس در تمام شدت‌های آلودگی در مقایسه با ۳۰ و ۶۰ روز پس از برداشت افزایش داشت (جدول ۱ تا ۳). میزان تنفس ریشه‌های با شدت آلودگی ۵ (به ترتیب ۶/۳۳، ۸/۶۰ و ۱۶/۶۹ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲) بیشتر از سایر شاخص‌های بیماری بوده است. میزان تنفس در ریشه‌های سالم در ۹۰ روز پس از برداشت به ترتیب ۱/۲۵، ۰/۹۹ و ۳/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار بیشتر از میزان تنفس در ۳۰ روز پس از برداشت و برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ بوده است. مشابه همین نتیجه در تنفس ریشه‌های با شدت آلودگی ۵ و ۹۰ روز پس از برداشت است که به ترتیب ۰/۰۶، ۱/۴۹ و ۳/۰۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در هکتار بیشتر از میزان تنفس ۳۰ روز پس از برداشت سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ بوده است.

تجزیه و تحلیل نتایج جدول‌های ۱ تا ۳ مشخص می‌نماید که پوسیدگی طوقه وریشه ریزوکتونیائی اختلاف معنی‌داری در تنفس ریشه با شاخص‌های بیماری کمتر از ۳ ایجاد نمی‌کند. هر چند که نتیجه تجزیه واریانس (شکل ۱) نشان می‌دهد که میزان تنفس ریشه‌ها در ۳۰ و ۹۰ روز پس از برداشت و در شاخص‌های بیماری بالاتر از ۲ شروع می‌گردد. (شیب منحنی به ترتیب از ۲/۰۶ و ۲/۱۳ در نمونه‌های ۳۰ و ۹۰ روز پس از برداشت آغاز می‌شود). بر اساس تجزیه واریانس در ۳۰ روز پس از برداشت، میزان تنفس ریشه‌ها در شدت‌های بیماری ۳، ۴ و ۵ به ترتیب ۲۲، ۹۲ و ۲۱۳ برابر میزان تنفس در شاخص بیماری ۲ پیش‌بینی می‌گردد. در ۹۰ روز پس از برداشت میزان تنفس ریشه‌های با شاخص بیماری ۳، ۴ و ۵ در مقایسه با شاخص بیماری ۲ به ترتیب ۱۷، ۸۴ و ۲۰۱ برابر پیش‌بینی می‌شود.

در ۲۹ مقایسه از ۳۰ مقایسه انجام شده در گروه‌های با شاخص بیماری و زمان‌های نمونه‌گیری در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ (جدول ۲ و ۳)، میانگین میزان تنفس رقم بی-۳۸ کمتر از میزان تنفس رقم بی-۶۱ بود. هنگامی که داده‌های تکرارها نیز اضافه شد میزان تنفس، رقم بی-۶۱ در ۹۲ جفت از ۱۲۰ جفت بیشتر از میزان تنفسی بی-۳۸ بود (۷۸٪ بررسی‌ها). در ۲۶ مقایسه که رقم بی-۳۸ میزان تنفس بیشتری از رقم بی-۶۱ داشت به نظر می‌رسد که ارتباطی با شاخص بیماری و یا زمان نمونه‌گیری نداشته باشد.

در میان جفت‌هایی که میزان تنفس رقم بی-۳۸ از رقم بی-۶۱ بیشتر بود سه جفت دارای شاخص بیماری ۱، پنج جفت مربوط به شاخص بیماری ۲ و برای درجات بیماری ۳، ۴ و ۵ هر کدام ۶ جفت بوده است. مشابه همین ارقام در نمونه‌گیری‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰روز بعد از برداشت بود که به ترتیب ۲۹، ۷ و ۱۰ جفت را شامل می‌شد متوسط اختلافات بین دو رقم ۱/۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم چغندر قند در هکتار بود.

شکل ۱- همبستگی بین تنفس بعد از برداشت، ساکارز قابل استحصال و قند انورت با شدت‌های مختلف پوسیدگی‌های طوقه و ریشه ریزوکتونیائی (شاخص صفر تا ۷ که صفر ریشه سالم و هفت ۱۰۰٪ پوسیده و برگ‌ها از بین رفته‌اند) ۳۰ و ۹۰ روز پس از برداشت در کراکستون مینسوتا و در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲.



ساکارز قابل استحصال

اختلاف بین ارقام از نظر ساکارز قابل استحصال خیلی کم بود و در نمونه‌های ۳۰ و ۶۰ روز پس از برداشت در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ معنی‌دار نبود. همچنین اثرات متقابل رقم در شاخص بیماری نیز معنی‌دار نشدند (جدول ۱، ۲ و ۳). به علاوه اختلاف ۳ کیلوگرم در تن ساکارز قابل استحصال در مقایسه‌های جفتی رقم بی-۳۸ و بی-۶۱ نیز در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ معنی‌دار نبودند. برعکس شدت بیماری بر روی ساکارز قابل استحصال در تمام سال‌ها و در دو نمونه‌گیری ۳۰ و ۹۰ روز پس از برداشت معنی‌دار شدند.

میانگین غلظت ساکارز قابل استحصال در درجه بیماری ۳ در مقایسه با درجات پایین‌تر به ترتیب ۱۴۵ کیلوگرم در تن در مقابل ۱۵۸ کیلوگرم در تن، ۱۴۷ کیلوگرم در مقابل ۱۵۵ کیلوگرم و ۱۶۰ کیلوگرم در مقابل ۱۶۴ کیلوگرم در تن به ترتیب برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ و برای نمونه‌گیری ۳۰ روز پس از برداشت بوده است (جدول ۱ تا ۳). در سال ۲۰۱۰ ریشه‌های با شاخص بیماری ۴ دارای ۱۳۶ کیلوگرم ساکارز قابل استحصال در هر تن داشته در حالی که ریشه‌های با شاخص بیماری ۵ دارای ۱۲۴ کیلوگرم ساکارز قابل استفاده بوده و ۲۷ کیلوگرم کمتر از ریشه‌های سالم ساکارز تولید کرده است جدول ۱. ریشه‌های برداشت شده در سال ۲۰۱۱ با شاخص بیماری ۴ مقدار ۱۳۲ کیلوگرم در تن ساکارز قابل استحصال تولید نموده در حالی که ریشه‌های با شاخص بیماری ۵ مقدار ۱۰۷ کیلوگرم بوده که ۴۸ کیلوگرم کمتر از ریشه‌های با درجه بیماری صفر یا یک در سی روز پس از برداشت تولید کرده است (جدول ۲) بیشترین اختلاف بین چغندرهای سال و چغندرهای با شاخص بیماری ۴ و ۵ در ۳۰ روز پس از برداشت و در سال ۲۰۱۲ اتفاق افتاد (جدول ۳). ریشه‌های با شدت بیماری چهار ۱۴۰ کیلوگرم و ریشه‌های با شاخص بیماری پنج ۱۰۷ کیلوگرم ساکارز قابل استحصال تولید کرده‌اند که ۵۷ کیلوگرم کمتر از مقدار ۱۶۴ کیلوگرم در تن ریشه‌های با شاخص بیماری صفر و یک بوده است.

در سال ۲۰۱۰ مقدار نسبی و واقعی ساکارز قابل استحصال در ۹۰ روز پس از برداشت مشابه مقدار ساکارز قابل استحصال در نمونه‌گیری ۳۰ روز پس از برداشت بوده است (جدول ۱). غلظت ساکارز قابل استحصال ریشه‌های سالم در ۹۰ روز پس از برداشت به ترتیب ۹ و ۵ کیلوگرم در تن کمتر از غلظت ساکارز قابل استحصال ۳۰ روز پس از برداشت سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ بود (جدول ۱ و ۲). غلظت ساکارز قابل استحصال ریشه‌های با شاخص بیماری پنج در ۹۰ روز پس از برداشت نیز به ترتیب ۱۶ و ۴۵ کیلوگرم در تن مشابه خود در ۳۰ روز پس از برداشت و در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ بوده است. اختلاف بین غلظت ساکارز قابل استحصال ریشه‌های سالم (شاخص بیماری صفر و یک) و ریشه‌های با درجه بیماری پنج در ۹۰ روز پس از برداشت (۴۵ کیلوگرم در تن)، مشابه اختلاف موجود در ۳۰ روز پس از برداشت (۴۸ کیلوگرم در تن) و در سال ۲۰۱۱ (جدول ۲) بوده است. در سال ۲۰۱۲ اختلاف ۹۷ کیلوگرم در تن غلظت ساکارز قابل استحصال بین ریشه‌های سالم و ریشه‌های با شاخص بیماری پنج (۶۲ کیلوگرم در تن) در ۹۰ روز پس از برداشت، ۱/۷ برابر اختلاف مربوطه در ۳۰ روز پس از برداشت بوده است (جدول ۳).

همانند میزان تنفس ریشه، تجزیه رگرسیونی (شکل ۱) نشان می‌دهد که کاهش غلظت ساکارز قابل استحصال در شاخص بیماری ۲ به میزان ۲/۶۲ و ۲ در ۳۰ و ۹۰ روز پس از برداشت به عنوان پایه صفر آغاز و با افزایش درجه بیماری شیب منحنی غلظت ساکارز افزایش می‌یابد. بر پایه معادلات رگرسیونی ریشه‌های با درجه بیماری ۲ در ۹۰ روز پس از برداشت مقدار چهار کیلوگرم ساکارز در تن کمتر نسبت به نمونه‌برداری ۳۰ روز پس از برداشت با همان شاخص بیماری

تولید خواهد کرد. در ۹۰ روز پس از برداشت ریشه‌های با شاخص بیماری ۵ مقدار ۱۳ کیلوگرم در تن ساکارز قابل استحصال کمتر از همین شاخص بیماری در ۳۰ روز پس از برداشت تولید خواهند نمود. در نمونه‌گیری ۳۰ روز پس از برداشت مقدار ساکارز قابل استحصال در شاخص‌های بیماری سه، چهار و پنج به ترتیب ۴، ۱۴ و ۲۹٪ کمتر از ریشه‌های با شاخص بیماری ۲ تولید کرده اند در مقایسه با ریشه‌های با درجه بیماری ۲ در ۹۰ روز پس از برداشت کاهش ۴، ۱۶ و ۳۵٪ در شاخص‌های بیماری ۳، ۴ و ۵ اتفاق افتاده است.

قند انورت

همانند میزان تنفس و غلظت ساکارز قابل استحصال، شاخص بیماری پوسیدگی ریزوکتونیائی تأثیر معنی‌داری بر روی قند انورت در تمام سال‌ها و در نمونه‌برداری‌های ۳۰ روز پس از برداشت داشته است. اختلاف بین ارقام به جز در سال ۲۰۱۱ که قند انورت رقم بی-۶۱ در نمونه برداری ۹۰ روز پس از برداشت بیش از غلظت قند انورت سایر ارقام بوده است در بقیه معنی‌دار نبوده است. تنها اثر متقابل معنی‌دار بین رقم و شدت بیماری در سال ۲۰۱۰ و در نمونه‌برداری ۳۰ روز پس از برداشت اتفاق افتاده است.

نه تنها تغییراتی در درجه‌بندی ارقام در شاخص‌های بیماری در سال ۲۰۱۰ بود بلکه افزایشی هم در شیب اختلافات بین ارقام با افزایش شدت بیماری وجود دارد. ریشه‌های سالم ارقام (شاخص بیماری صفر و یک) در سی روز پس از برداشت ۰/۰۳ گرم یا کمتر اختلاف داشتند. برعکس این اختلاف در شاخص بیماری پنج برابر ۱/۹۲ بوده است (جدول ۱).

اختلاف بین میانگین غلظت قند انورت در شاخص‌های بیماری اغلب شاخص ۳ به پایین در بیشتر حالات از شاخص ۴ به پایین معنی‌دار نبوده (جدول ۱ تا ۳). گرچه در تمام سال‌ها و در هر دو نمونه‌برداری کنتراست خطی و دو طرفه معنی‌دار بودند (۰/۰۰۱ > پی). در سال ۲۰۱۰ (جدول ۱) ریشه‌های با شاخص بیماری صفر و یک، سه و پنج به ترتیب دارای غلظت قند انورت ۱/۲۳، ۱/۷۶ و ۴/۷۶ گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز در ۳۰ روز پس از برداشت بودند. همین اعداد در نمونه‌برداری ۹۰ روز پس از برداشت قدری بیشتر و به ترتیب ۱/۵۲، ۲/۳۴ و ۵/۲۶ گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز بودند. در نمونه‌برداری ۳۰ روز پس از برداشت سال ۲۰۱۱، غلظت قند انورت ریشه‌های با شاخص بیماری چهار ۲/۸ برابر ریشه‌های سالم و ریشه‌های با شاخص بیماری پنج ۸/۷ برابر ریشه‌های سالم قند انورت داشتند(جدول۲). در نمونه‌برداری‌های ۹۰ روز پس از برداشت همین سال، ریشه‌های با شاخص بیماری چهار ۱/۸ برابر و ریشه‌های با شاخص بیماری پنج، ۵/۶ برابر ریشه‌های سالم قند انورت داشتند. در سال ۲۰۱۲ غلظت نسبی قند انورت در سی روز پس از برداشت مشابه نمونه‌های ۳۰ روز پس از برداشت سال ۲۰۱۱ بود و ریشه‌های با شاخص بیماری چهار دو برابر و ریشه‌های با درجه آلودگی پنج ۸/۱ برابر ریشه‌های سالم قند انورت تولید کرده بودند (جدول۳). در همین سال ریشه‌های با شاخص بیماری سه، چهار و پنج به ترتیب ۱/۷، ۳/۶ و ۱۹/۶ برابر ریشه‌های سالم قند انورت تولید کردند (جدول ۳).

تجزیه رگرسیونی نشان می‌دهد که شاخص بیماری کمتر از سه دارای حداقل تأثیر بر میزان قند انورت می‌باشند (شروع افزایش به ترتیب از ۲/۶۶ و ۲/۷۱ برای نمونه‌برداری‌های ۳۰ و ۹۰ روز پس از برداشت) و با افزایش سطح آلودگی و زمان توقف در سیلو شیب منحنی قند انورت نیز زیادتر می‌گردد (شکل ۱). در نمونه‌برداری ۳۰ روز پس از برداشت، غلظت قند انورت ریشه‌های با شاخص بیماری چهار و پنج به ترتیب ۳/۳ و ۱۰/۸ برابر ریشه‌های با شاخص بیماری سه خواهد بود. در ۹۰ روز پس از برداشت نیز ریشه‌های با شاخص بیماری چهار و پنج بایستی ۶/۶ و ۲۶/۱ برابر غلظت قند انورت در ریشه‌های با شاخص بیماری سه باشد. غلظت قند انورت ۸/۱۱ و ۳۱/۸۸ گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز مربوط به ریشه‌های با شاخص بیماری چهار و پنج در ۹۰ روز پس از برداشت تقریباً دو برابر ۴/۷۲ و ۱۵/۵۲ گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز مربوط به همین شاخص‌ها در نمونه‌برداری ۳۰ روز پس از برداشت خواهد بود.

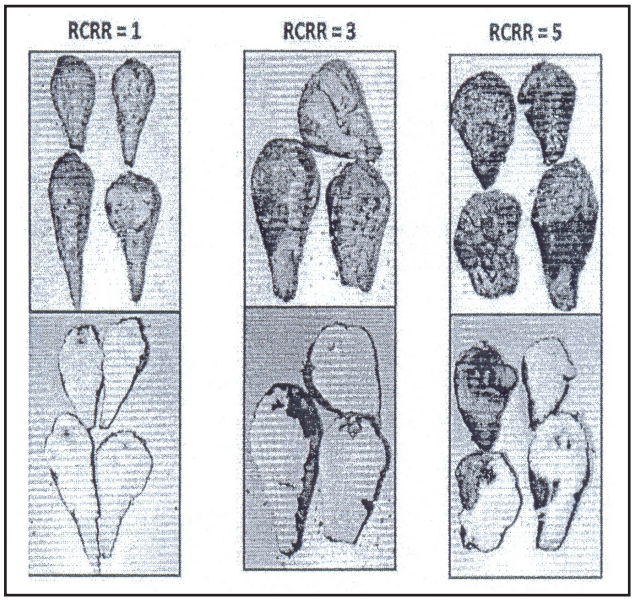
در ۱۷ مقایسه از ۲۰ مقایسه تمامی شاخص‌های بیماری زمان‌های نمونه‌برداری سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ (جدول ۲ و ۳) میانگین قند انورت رقم بی – ۶۱ بیشتر از غلظت قند انورت رقم بی – ۳۶ بود. هنگامی که داده‌های مربوط به تکرارها نیز اضافه شد، غلظت قند انورت بی-۶۱، رقمی که بالاترین میزان تنفس را داشت، در ۷۱٪ از جفت‌های مورد بررسی (۵۷ جفت از ۸۰ جفت) بیشتر از رقم بی-۳۸ بود. در میان جفت‌هایی که غلظت قند انورت رقم بی-۳۸ بیشتر از رقم بی-۶۱ بود هفت جفت دارای شاخص بیماری یک، پنج جفت با شاخص بیماری دو و سه شاخص بیماری سه، چهار و پنج هر کدام پنج جفت را شامل می‌شدند. مشابه فوق در ۲۳ جفت مربوط به نمونه‌برداری ۳۰ و ۹۰ روز پس از برداشت به ترتیب برابر ۱۴ و ۹ جفت را شامل می‌شد. اختلاف میانگین‌ها بین دو رقم ۵/۰۵ گرم در ۱۰۰ گرم ساکارز بوده است. ۱۰ جفت از ۲۳ جفتی که رقم بی-۳۸ قند انورت بیشتری نسبت به رقم بی-۶۱ داشته است، همگی در بین ۲۶ جفتی بودند که میزان تنفس رقم بی-۳۸ از رقم دیگر بیشتر بوده است. همبستگی بین میانگین اختلاف‌های بررسی شده بر روی غلظت قند انورت و شدت تنفس ریشه‌ها مثبت بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش جزئی در میزان تنفس و کاهش جزئی در غلظت ساکارز قابل استحصال، بدون توجه به سطح مقاومت ارقام در ارتباط با علائم خفیف پوسیدگی طوقه و ریشه ریزوکتونیائی (شاخص بیماری ۲ و ۳) می‌باشد. هنگامی که چغندر قند به میزان کم و فاقد آلودگی سیلو شوند کمترین مشکل در سیلو به وجود می‌آید ولی درعمل مستثنی شدن از این قاعده مشکلاتی را برای چغندر قند به وجود می‌آورد.

افزایش اساسی در میزان تنفس و غلظت قند انورت و کاهش در غلظت ساکارز قابل استحصال زمانی اتفاق می‌افتد که ریشه‌های با علائم آلودگی متوسط و شدید (شاخص بیماری ۴ و ۵) سیلو شوند. در مقایسه با ارقام حساس یا نیمه مقاوم که شاخص بیماری چهار یا پنج داشتند، تنها تعداد معدودی از ریشه‌های مقاوم دارای علائم آلودگی با شاخص بیماری چهار و یا بالاتر داشتند (ریشه‌های بدون علائم در ارقام حساس بندرت یافت شدند). شدت بیماری در تمام ارقام ازجمله ارقام مقاوم با توجه به ظهور زودتر بیماری در اول فصل، گرما و رطوبت هوا حجم ماده آلوده‌کننده و تهاجمی بودن نژاد قارچ ریزوکتونیا، بیشتر خواهد شد.

شکل ۲- نمای سطح ریشه چغندر قند و برش طولی آن در ارتباط با علائم پوسیدگی‌های طوقه و ریشه ریزوکتونیائی (شاخص صفر تا هفت که صفر ریشه‌های سالم و هفت ریشه‌های ۱۰۰٪ پوسیده و برگ‌ها از بین رفته‌اند) و نفوذ پوسیدگی در داخل بافت ریشه.



سیلو کردن ریشه‌هایی با بیش از ۲۵٪ سطح آلودگی (شاخص‌های ۴ و بالاتر) بایستی با احتیاط بیشتر صورت پذیرد. هنگامی که چغندرهای سالم و مریض با هم در سیلو نگهداری شوند، افزایش درجه حرارت ناشی از تنفس ریشه‌های مریض، سبب افزایش تنفس ریشه‌های سالم اطراف می‌گردند. شدت تأثیر منفی ریشه‌های مریض بر ریشه‌های سالم مجاور بستگی به مدار گرمایی دارد که از سیلو متصاعد می‌گردد. نمونه‌هایی که در بررسی این ارتباط مورد استفاده قرار گرفته بر پایه نگهداری ریشه در اتاقک‌های سرد با پنکه‌های تهویه هوا بوده است. این شرایط نگهداری تأثیر منفی نفش افزایش درجه حرارت و ارتباط آن با تنفس ریشه در سیلو بین چغندرهای سالم و مریض را کاهش می‌دهد. بالا رفتن غلظت قند انورت در ریشه‌های آلوده به پوسیدگی ریشه ریزوکتونیائی خیلی پیچیده بوده و اگر تعداد زیادی از ریشه‌های پوسیده فرآوری شوند، عملیات فرآوری در کارخانه کند خواهد شد. به علاوه با افزایش زمان سیلو اثرات منفی غلظت قند انورت ریشه‌های آلوده به پوسیدگی ریشه نیز بیشتر خواهد شد. شتاب در میزان تنفس و غلظت قند انورت در ارتباط با افزایش شدت پوسیدگی بر اساس بررسی‌های انجام شده در سطح ریشه ممکن است نتیجه واکنش مجموعه بافت‌های داخلی ریشه باشد. گرچه با افزایش شدت پوسیدگی، نفوذ قارچ به داخل بافت ریشه نیز افزایش می‌یابد(شکل ۲). **مامفورد و وایز (۱۹۷۶)**، افزایش چشمگیری از غلظت قند انورت را چند سانتیمتر دورتر از محل آلودگی در ریشه‌های سیلو شده بررسی نمودند. نفوذ قارچ ممکن است تأثیری در افزایش قند انورت در ارتباط با شدت آلودگی‌های ریزوکتونیائی بررسی شده در این مطالعه داشته باشد.

شکل ۳- علائم برگی و میانگین شاخص بیماری در سه رقم چغندر قند با مقاومت‌های متفاوت به بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه ریزوکتونیائی. شدت بیماری بین شاخص صفر تا هفت بود که صفر ریشه‌های سالم و هفت ریشه‌های با ۱۰۰٪ پوسیدگی و برگ‌های از بین رفته. رقم حساس (اش-۵۳۹ آرآر)، نیمه مقاوم (بی- ۸۷ آرآر ۳۸) و مقاوم (اچ-۴۰۲۲ آرآر). طوقه‌های چغندر قند به طور مصنوعی با نژاد آ جی قارچ ریزوکتونی سولانی ۹ هفته پس از سبز شدن آلوده شدند.

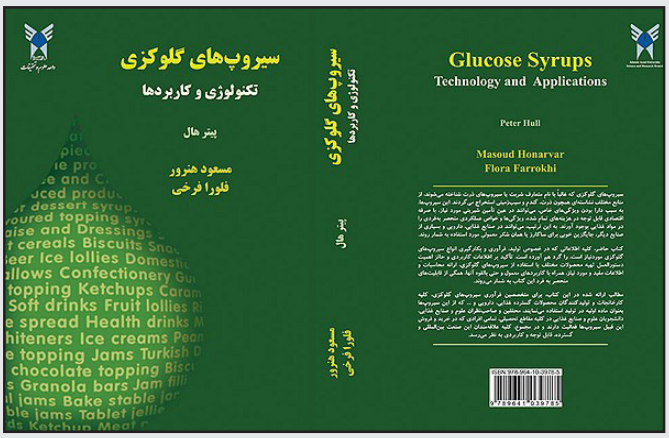
ارتباط بین شدت بیماری و پارامترهای سیلو که در این گزارش (شکل ۱) سبب آگاهی در تأثیر پوسیدگی‌های ریزوکتونیائی در مواد داخل سیلو شده و ممکن است برای راهکارهای مدیریتی عمومی مفید باشد. بایستی تشخیص داد که شرایط محیطی در طول رشد ممکن است بر شدت اثرات منفی پوسیدگی در ضایعات سیلو مؤثر باشد. در کل شرایط محیطی مناسب فعالیت قارچ در آخر فصل رشد در مقابل شرایط محیطی که فعالیت قارچ را به حالت تعلیق درآورد به صورت فعال نفش قارچ را در پوسیدگی زمان برداشت بیشتر می‌کند و به تبع آن شدت تأثیر آن در ادامه سیلو بیشتر خواهد شد. به عنوان مثال میانگین میزان تنفس ریشه‌های

سالم در نمونه‌برداری ۳۰ روز پس از برداشت ۲۰۱۰ (جدول ۱) و ۲۰۱۲ (جدول ۲) با هم برابر بودند، ولی میزان تنفس ریشه‌های با آلودگی شدید به ترتیب ۱/۸ و ۳/۹ برابر ریشه‌های سالم سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ بود. مشابهت‌های دیگری نیز در مورد سایر صفات بررسی شده دیده شد.

بیشتر اسناد مربوط به اختلافات وراثتی میزان تنفس بعد از برداشت به اطلاعاتی وابسته است که بر پایه چغندرهای تازه و با نبود علائم بیماری می‌باشدمقایسه میزان تنفس دو رقم بی-۳۸ و بی-۶۱ که هر دو ارقام نیمه‌مقاوم می‌باشند، و هر دو در ریشه‌های سالم خود دارای غلظت قند قابل استحصال مشابهی هستند به ما پیشنهاد می‌دهد که بدون توجه به شدت بیماری پوسیدگی و زمان سیلو کردن وراثتی بودن کاهش تنفس مفید خواهد بود. اگر ارتباط بین شدت بیماری و میزان تنفس در مطالعات بعدی تأیید گردد، اصلاح ارقامی از چغندر قند با تلفیق صفات میزان تنفس کم ژنتیکی و مقاومت به بیماری‌های شایع ریشه، پتانسیل مناسبی برای کاهش ضایعات بعد از برداشت فراهم خواهد کرد.

به طور کلی، اختلافات در میزان تنفس، غلظت ساکارز قابل استحصال و قند انورت بین ریشه‌های سالم و ریشه‌های با شاخص‌های بیماری بالا در بین یک رقم به نظر می‌رسد که ارتباطی با سطح مقاومت آن رقم نداشته باشد گرچه به احتمال زیاد کاهش فراوانی ریشه‌های با شاخص بیماری بالا در زمان برداشت روش مؤثری برای کاهش ضایعات سیلو در ارتباط با پوسیدگی‌های ریشه ریزوکتونیائی باشد. سطح مقاومت ارقام تأثیر قابل توجهی بر روی فراوانی و شدت آلودگی ریشه‌های با آلودگی ریزوکتونیائی دارد (شکل ۳). ایجاد گیاهان میزان مقاوم، یکی از مؤثرترین راه‌های کنترلی بر علیه بیماری می‌باشد. در سال ۲۰۱۰ ریشه چغندرهای رقم حساس که با قارچ ریزوکتونیا ۹ هفته بعد از کاشت مایه‌کوبی شده بودند به طور متوسط دارای شاخص بیماری ۵/۴ بودند. برعکس ریشه‌های ارقام نیمه‌مقاوم به طور متوسط شاخص بیماری ۵/۴ و ریشه‌های ارقام مقاوم به طور متوسط شاخص بیماری ۳/۵ را داشتند که این امر اهمیت ارقام مقاوم را در کاهش ضایعات هم قبل و هم بعد از برداشت و در سیلو را روشن می‌نماید. تناوب طولانی‌تر بین چغندر قند، اجتناب از کاشت محصولات حساس قبل از چغندر، مدیریت کامل آب و مواد غذایی، مدیریت خاک‌ورزی کامل و مصرف قارچ‌کش‌ها از عملیات تولیدی است که وقوع و شدت بیماری پوسیدگی ریزوکتونیائی را کاهش می‌دهد.

معرفی کتاب



همکار فرهیخته و فاضل‌مان مسعود هنرور و فلورا فرخی موفق به ترجمه یک کتاب از کتاب‌های مهم در حوزه کشاورزی و قند و شکر شده‌اند. این کتاب با نام سیروپ‌های گلوکزی، تکنولوژی و کاربردها نوشته پیتر هال است و به وسیله واحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی منتشر شده است.

سیروپ‌های گلوکزی که غالبا با نم متعارف شربت یا سیروپ‌های ذرت شناخته می‌شوند، از منابع مختلف نشاسته‌ای همچون ذرت، گندم و سیب‌زمینی استخراج می‌گردند. این سیروپ‌ها، به سبب دارا بودن ویژگی‌های خاص، می‌توانند در عین تأمین شیرینی مورد نیاز، با صرفه اقتصادی قابل توجه در هزینه‌های تمام شده، ویژگی‌ها و خواص عملکردی منحصر به فردی را در مواد غذایی به وجود آورند. به این ترتیب، می‌توانند در صنایع غذایی، دارویی و بسیاری از صنایع دیگر، جایگزین خوبی برای سکارز یا همان شکر معمولی مورد استفاده به شمار روند.

کتاب حاضر، کلیه اطلاعاتی که در خصوص تولید، فرآوری و به کارگیری انواع سیروپ‌های گلوکزی مورد نیاز است، را گردهم آورده است. تأکید بر اطلاعات کاربردی و حایز اهمیت دستورالعمل تهیه محصولات مختلف با استفاده از سیروپ‌های گلوکزی، ارایه محاسبات و اطلاعات مفید و مورد نیاز، همراه با کاربردهای معمول و حتی بالقوه آنها، همگی از قابلیت‌های منحصر به فرد این کتاب به شمار می‌روند.

مطالب ارایه شده در این کتاب، برای متخصصین فرآوری سیروپ‌های گلوکزی، کلیه کارخانجات و تولیدکنندگان محصولات گسترده غذایی، دارویی و... که از این سیروپ‌ها به عنوان ماده اولیه در تولید استفاده می‌نمایند، محققین و صاحب‌نظران علوم و صنایع غذایی، دانشجویان علوم و صنایع غذایی در کلیه مقاطع تحصیلی، تمامی افرادی که در خرید و فروش این قبیل سیروپ‌ها فعالیت دارند و در مجموع، کلیه علاقه‌مندان این صنعت بین‌المللی و گسترده، قابل توجه و کاربردی به نظر می‌رسد. علاقمندان به تهیه کتاب فوق می‌توانند با شماره تلفن ۴۴۸۶۵۱۱۱ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تماس حاصل فرمایند.

بازیافت واکس، پروتئین و ساکارز از گل فیلترپرس -بعنوان پسماند در صنعت قند نیشکر

دکتر بیوک آقا فرمانی و مهندس حبیب نویدی فر
۱- هیأت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز
تلفن ۴۴۲۳۷۷۱۷-۰۴۱
E.mail: bfarmani@tabrizu.ac.ir
۲- کارشناس ارشد صنعت قند و رییس آزمایشگاه قند میاندوآب E.Mail: artanbay@yahoo.com

خلاصه
کشت محصول نیشکر در کشور هند بخش مهم اقتصاد کشاورزی را تشکیل می‌دهد. تولید قند افزایش قابل ملاحظه‌ای را در ۶۵ سال اخیر نشان داده است. یکی از محصولات جانبی عمده صنعت قند نیشکر گل فیلترپرس که پسمانده جامد حاصل از تصفیه شیمیایی شربت خام نیشکر قبل از کریستالیزاسیون شکر است. عموماً گل فیلترپرس در هند به عنوان کود استفاده می‌شود. در کار پژوهشی حاضر بازیافت واکس خام، پروتئین و ساکارز از گل فیلترپرس بررسی شده است. مقادیر بازیافتی واکس خام، پروتئین و ساکارز از گل فیلترپرس به ترتیب ۱۲٪، ۳/۳٪ و ۰/۸٪ ارزیابی شده است.

۱- مقدمه
منابع اصلی ساکارز، نیشکر و چغندر قند هستند. نیشکر گیاه بلند با ارتفاع حدود ۴ متر یا بیشتر و ساقه بامبویی دارد. ساکارز موجود در ساقه نیشکر حدود ۱۵-۱۰٪ می‌باشد. در واریته‌های بهبود یافته چغندرقند درصد ساکارز به ۲۰-۱۳٪ افزایش داده شده است که از این لحاظ مقایسه با نیشکر است. (**هوگوت ۱۹۹۶**).

کشت محصول نیشکر و تولید قند در کشور هند طی ۶۰ سال گذشته افزایش یافته است (**میتور ۱۹۸۵**). مقدار کشت محصول نیشکر و تعداد کارخانه‌های فعال قند هندی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- کشت محصول نیشکر و تعداد کارخانه‌های فعال هند

نیشکر	از ۳۶ میلیون تن در ۱۹۳۰ به ۲۹۶ میلیون تن در ۱۹۹۹
راندمان در هر هکتار	از ۳۱ تن در ۱۹۳۰ به ۷۲/۵ تن در ۱۹۹۹
سطح زیر کشت	از ۱/۲ میلیون هکتار در ۱۹۳۰ به ۴/۱ میلیون هکتار در ۱۹۹۹
تعداد کارخانه‌ها	۵۵۰
کل تولید نیشکر	۲۲۰ میلیون تن در هر سال
کل نیشکر قابل دسترسی برای آسیاب	۱۳۵ میلیون تن در هر سال
کل شکر تولیدی	۱۳/۵ میلیون تن در هر سال

افزایش در تولید نیشکر و قند باعث افزایش در مقادیر پساب حاصل از این صنعت شده است. یکی از محصولات جانبی بسیار مهم و مشهور در صنعت نیشکر ملاس است. ملاس کاربردهای خیلی مفیدی در ساخت و تولید اتانول، خمیرمایه، اسید سیتریک و به طور کلی در صنایع تخمیری دارد.

محصولات پسابی عمده حاصل از فرآوری شکر و تولید اتانول شامل:
۱- باقیمانده نیشکر در زمین زراعی بعد از برداشتن نیشکر.
۲- باگاس به دست آمده پس از عملیات آسیاب نیشکر.
۳- گل فیلترپرس حاصل از فیلتراسیون شربت نیشکر آهک خورده.
۴- پساب حاصل از صنایع تقطیرسازی.

باگاس استفاده‌های مفیدی در صنعت کاغذسازی برای ساخت کاغذهای کادویی و بسته‌بندی دارد. همچنین باگاس به عنوان سوخت در بویلرها برای تهیه بخار در کارخانه نیشکر کاربرد رایجی دارد. بنابراین، باگاس به خاطر سازگار بودن با محیط زیست همواره مورد حمایت دولت می‌باشد.

۲- گل فیلترپرس
گل فیلترپرس حاصل از کارخانه‌های نیشکر منبع خیلی مفیدی به عنوان حاصلخیزکننده خاک و همچنین دارای برخی از ترکیبات آلی مهم است. استفاده عمده‌ای که اخیراً در کشور هند گسترش یافته است، بیوکمپوست حاصل از گل فیلترپرس است که با پساب به دست آمده از صنعت تقطیرسازی غنی‌سازی می‌شود (**پادمانابهان و همکاران ۲۰۰۳**). ترکیب شیمیایی گل فیلترپرس نیشکر در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی گل فیلترپرس نیشکر

واکس خام	٪۱۵-۱۴
فیبر	٪۱۵-۳۰
پروتئین خام	٪۵-۱۵
ساکارز	٪۰/۵-۱/۵
SiO_2	٪۴-۱۰
CaO	٪۱-۴
P_2O_5	٪۱-۳
MgO	٪۰/۵-۱/۵
خاکستر کل	٪۹-۱۰

محاسن گل فیلترپرس به عنوان حاصلخیزکننده بر اساس مقدار مواد مغذی گل مخلوط شده با پساب صنایع تقطیری است که در زیر به آنها اشاره شده است:

گل فیلترپرس – ازت – ۳-۱/۱۵٪، فسفر ۳/۵-۰/۶٪ و پتاسیم ۱/۸-۰/۳٪

پساب صنایع تقطیری – ازت ۲۶۳۰ mg/L، فسفر ۲۰۱ mg/L و پتاسیم ۲۲۲ mg/L.

بیوکمپوست از طریق پاشیدن پسمانده صنعت تقطیرسازی بر روی گل فیلترپرس تولید می‌شود. برای تبدیل شدن به حاصلخیزکننده مفید باید مراحل فرآوری ۴۵ روزه‌ای را طی کند تا به ترکیب مهمی تبدیل شود. این مراحل شامل:

۱- کاهش مقدار رطوبت از ۷۰٪ به ۵۰٪ در مدت ۵ روز.

۲- تلقیح کشت میکروبی.

۳- پاشیدن پسماند صنعت تقطیرسازی و همزدن به طور یکنواخت برای ۳۰ روز.

۴- رسیدن کامل در طی مدت ۱۰ روز همزمان با کاهش رطوبت به ۳۰٪.

محاسن روش بالا برای تولید بیوکمپوست

۱- انرژی خیلی کمی نیاز دارد.

۲- این روش فاقد پساب تولیدی بوده و بنابراین باعث آلودگی آب رودخانه و آب‌های زیرزمینی نمی‌شود.

۳- حاصلخیزکننده آلی تولید شده از نظر مواد ریزمغذی غنی بوده و می‌تواند نیاز به حاصلخیزکننده‌های شیمیایی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد و همچنین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، حلال‌سازی فسفات و هوموس را فراهم می‌سازد که همگی در بهبود سلامت خاک و توسعه سیکل احیاء اراضی نقش مهمی دارند.

در طی تولید بیوکمپوست که همراه با افزایش دما است، باعث از بین رفتن تمام پاتوژن‌ها، باکتری‌های مضر، علف‌های هرز و بذرهای مزاحم می‌شود. این نوع حاصلخیزکننده به علت اینکه فاقد حرکت در روی خاک بوده به سطح خاک به راحتی می‌چسبد، بنابراین به آسانی قابل کنترل، بسته‌بندی و حمل و نقل است. بیوکمپوست شامل کربن آلی (۳۰-۲۵٪)، نیتروژن (۲-۱/۲٪)، فسفر (۲-۱/۵٪) و پتاسیم (۳-۲/۵٪) می‌باشد.

۳- استخراج ترکیبات آلی از گل فیلترپرس

بازیافت پروتئین

پروتئین موجود در گل فیلترپرس محلول در آب می‌باشد. آب دوباره تقطیر شده یا آب کندانس برای جداسازی آن از گل فیلترپرس استفاده می‌شود. در مرحله بعد برای استخراج پروتئین از فاز آبی از روش رسوب‌دهی و جداسازی با نمک‌های آمونیوم انجام می‌گیرد. برای تعیین کمی پروتئین استخراجی از دستگاه اسپکتروفتومتری و با کمک مقدار پرتو جذب شده صورت می‌گیرد. برای ارزیابی پروتئین از روش **لاوری** و مواد شیمیایی مانند کربنات سدیم، تارتارات سدیم – پتاسیم و نمک‌های آمونیوم به کار می‌رود. (**پارتا و همکاران ۲۰۱۰**)

بازیافت ساکارز

ساکارز موجود در گل فیلترپرس محلول در آب می‌باشد. آب دوبار تقطیر شده یا آب کندانس برای جداسازی آن از گل فیلترپرس استفاده می‌شود. به طوری که بعد از رسوب‌دهی و جداسازی پروتئین با استفاده از نمک‌های آمونیوم از فاز آبی، از فاز آبی فاقد پروتئین برای تعیین مقدار ساکارز استفاده می‌شود. (**پارتا و همکاران ۲۰۱۰**)

بازیافت واکس خام

حلال‌هایی مانند بنزن، تولوئن و هگزان برای بازیافت واکس خام از مواد جامد حاصل از استخراج عصاره آبی گل فیلترپرس استفاده شد. واکس خام از حلال به روش Deep freezing method جداسازی می‌شود. (پارتا و همکاران ۲۰۱۰)

۴- نتایج

تأثیر pH بر بازیافت پروتئین

درصد بازیافت پروتئین، ساکارز و واکس از گل فیلترپرس در جدول ۳ داده شده است. مقدار پروتئین در گل فیلترپرس حدود ۳/۳٪ بود.

جدول ۳- درصد ترکیبات آلی بازیافتی از گل فیلترپرس

پروتئین	٪۳/۳
ساکارز	٪۰/۸
واکس	٪۱۲

درصد بازیافت پروتئین در سطوح محتلف pH در جدول ۴ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که درصد بازیافت پروتئین با افزایش pH گل فیلترپرس افزایش یافته است. حداکثر مقدار پروتئین (۳/۳٪) در pH ۸/۵ بازیافته شده بود. مقدار ساکارز بعد از جداسازی پروتئین از فاز آبی گل فیلترپرس حدود ۰/۸٪ بود.

جدول ۴- درصد بازیافت پروتئین در سطوح مختلف pH

pH	درصد پروتئین
۵/۵	۲/۵۹
۶	۲/۶۲
۷	۳/۰۰
۸	۳/۱۳
۸/۵	۳/۳۰

مدل ریاضی بازیافت واکس خام مقدار واکس بازیافتی از گل فیلترپرس حدود ۱۲٪ بود. واکس نقطه ذوب ۷۹°C و دانسیته ۰/۹۶ g/cm^3 داشت. معادله ریاضی زیر به عنوان مدل برای بازیافت واکس استفاده شده است. (جاکوس و اسکفلان ۱۹۶۳)

$$E=Emax\ \ \Theta/(\Theta+k) \qquad (1)$$

در معادله بالا Emax و k ثابت‌های ویژه برای سیستم مورد نظر است، Θ زمان استخراج و E وزن واکس خام استخراجی می‌باشد. شکل‌های ۱-۳ مقدار واکس خام بازیافتی در ازای زمان صرف شده برای استخراج با استفاده از حلال‌های تولوئن، تولوئن – بنزن (۵۰ به ۵۰) و هگزان می‌باشد.

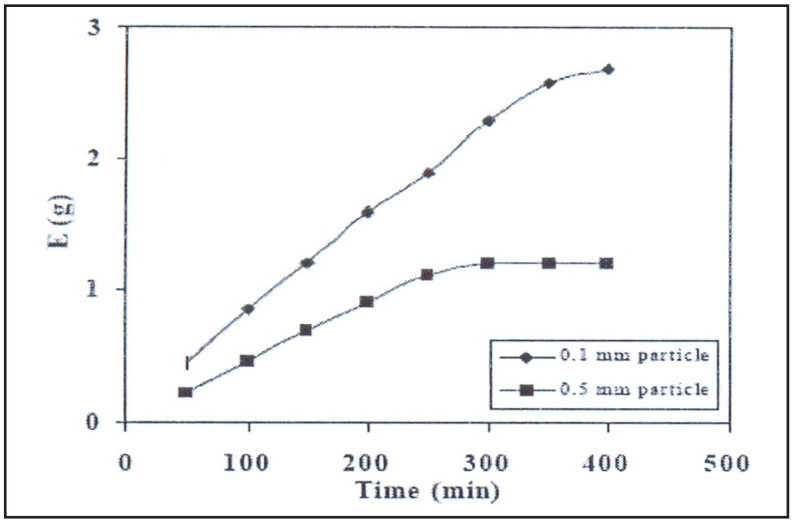
حداکثر مقدار بازیافت واکس خام با اندازه ذره ۰/۱mm، ۲/۷، ۱/۵۸ و ۲/۹ به ترتیب برای حلال‌های تولوئن، تولوئن – بنزن (۵۰به ۵۰) و هگزان بود. حداکثر مقدار بازیافت واکس خام با اندازه ذره ۰/۵، ۱/۲، ۱/۶۴ و ۲/۷۸ میلی‌متر به ترتیب برای حلال‌های تولوئن، تولوئن – بنزن (۵۰ به ۵۰) و هگزان به دست آمد. بنابراین حداکثر مقدار واکس خام بازیافتی به وسیله حلال هگزان حاصل شد. نتایج در جدول ۵ گزارش شده است.

جدول ۵- مقادیر عددی Emax و k برای سیستم

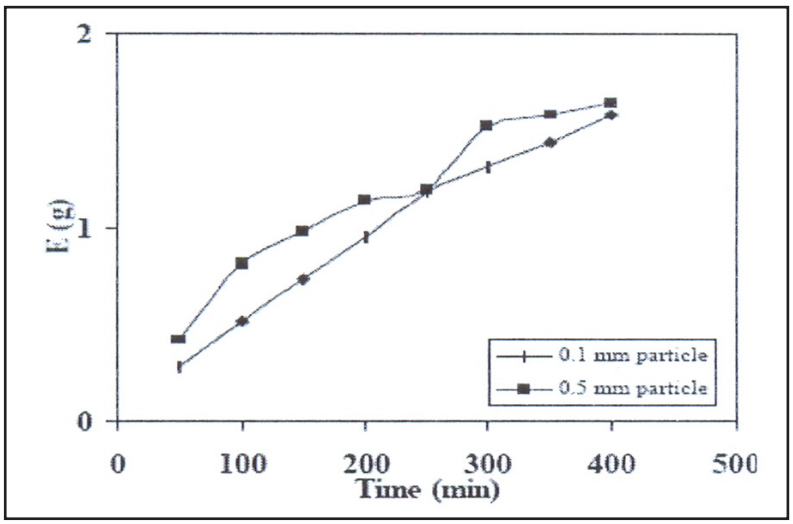
نوع سیستم	E_{max}	K
تولوئن (۰/۱ mm)	۶/۶۷	۰/۱۷
تولوئن (۰/۵ mm)	۳/۳۳	۰/۱۷
تولوئن – بنزن (۰/۱ mm)	۴/۰۰	۰/۵۶
تولوئن – بنزن (۰/۵ mm)	۲/۵۰	۰/۲۵
هگزان (۰/۱ mm)	۷/۲۳	۰/۸
تولوئن (۰/۵ mm)	۳/۸۷	۰/۷۹

۵- نتیجه‌گیری

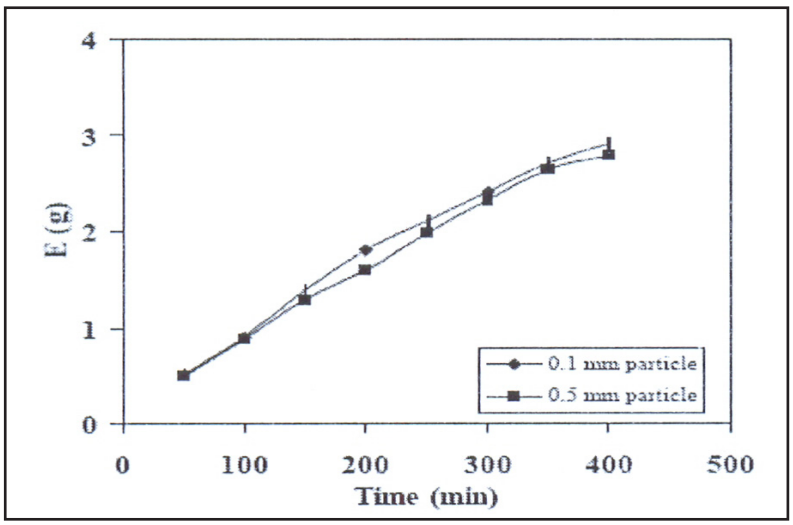
از گل فیلترپرس نیشکر ترکیبات ارزشمندی قابل استخراج است. برای استخراج واکس خام به عنوان محصول باارزش می‌توان از مدل ریاضی استفاده کرد. در این بررسی مقادیر پروتئین، ساکارز و واکس خام فیلتر پرس به ترتیب ۳/۳٪، ۰/۸٪ و ۱۲٪ ارزیابی شد.



شکل ۱- استخراج واکس خام به وسیله حلال تولوئن (Time: زمان و E: مقدار استخراج)



شکل ۲- استخراج واکس خام به وسیله حلال تولوئن - بنزن (Time: زمان و E: مقدار استخراج)



شکل ۳- استخراج واکس خام به وسیله حلال هگزان (Time: زمان و E: مقدار استخراج)

تأثیر عملکرد رفریجرانت‌های پخت ۳ در کاهش ملاس تولیدی

راهکارهای کاهش هزینه‌های تولید رفع گلوگاه‌ها و افزایش ظرفیت

تهیه و تنظیم: مهندس محمدحسین شاه کرمی راد - کارشناس صنایع قند

صنعت قند و شکر کشور در شرایطی قرار گرفته است که قیمت تمام شده شکر تولیدی با قیمت شکر وارداتی به اجبار وارد رقابت جدی گردیده است، مشکلات عدیده حادث شده بر صنعت قند، بخشی ناشی از نداشتن توان رقابتی به دلیل ظرفیت پایین کارخانجات و مهم‌تر از آن عدم استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود است.

گلوگاه‌های متعدد در قسمت‌های مختلف کارخانه از علل عمده کاهش ظرفیت می‌باشد، عمده‌ترین عامل ایجاد گلوگاه‌ها عدم به کارگیری اتوماسیون مناسب جهت کنترل پروسه تولید می‌باشد.

یکی از راهکارهای رفع مشکلات موجود برطرف نمودن گلوگاه‌ها و بهینه‌سازی پروسه تولید و کاهش هزینه‌ها به پایین‌ترین میزان ممکن می‌باشد، کاهش بعضی از این هزینه‌ها تنها با بررسی پروسه تولید به آسانی امکان‌پذیر است و اکثراً نیاز به سرمایه‌گذاری ندارد و یا در صورت نیاز مقدار آن بسیار اندک می‌باشد، بررسی علمی هر مرحله از تولید به شناسایی گلوگاه‌ها و همچنین تصمیم‌گیری در انتخاب روش مناسب کمک می‌کند.

در این مقاله تأثیر عملکرد رفریجرانت‌های پخت سه در کاهش مقدار ملاس تولیدی مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

برای بررسی موضوع، اطلاعات پروسه تولید بهره‌برداری سال ۹۳ و سال جاری (۹۴) کارخانه‌ای، در یک دوره زمانی بیست روزه در ماه‌های مشابه مورد مقایسه قرار گرفته است، علت مقایسه موارد ذیل می‌باشد.

الف- در بهره‌برداری سال گذشته (۹۳)، ظرفیت مصرف ۲۵۶۰ تن چغندر در روز.

ب- درجه تمیزی ملاس تولیدی ۶۱/۵ درصد.

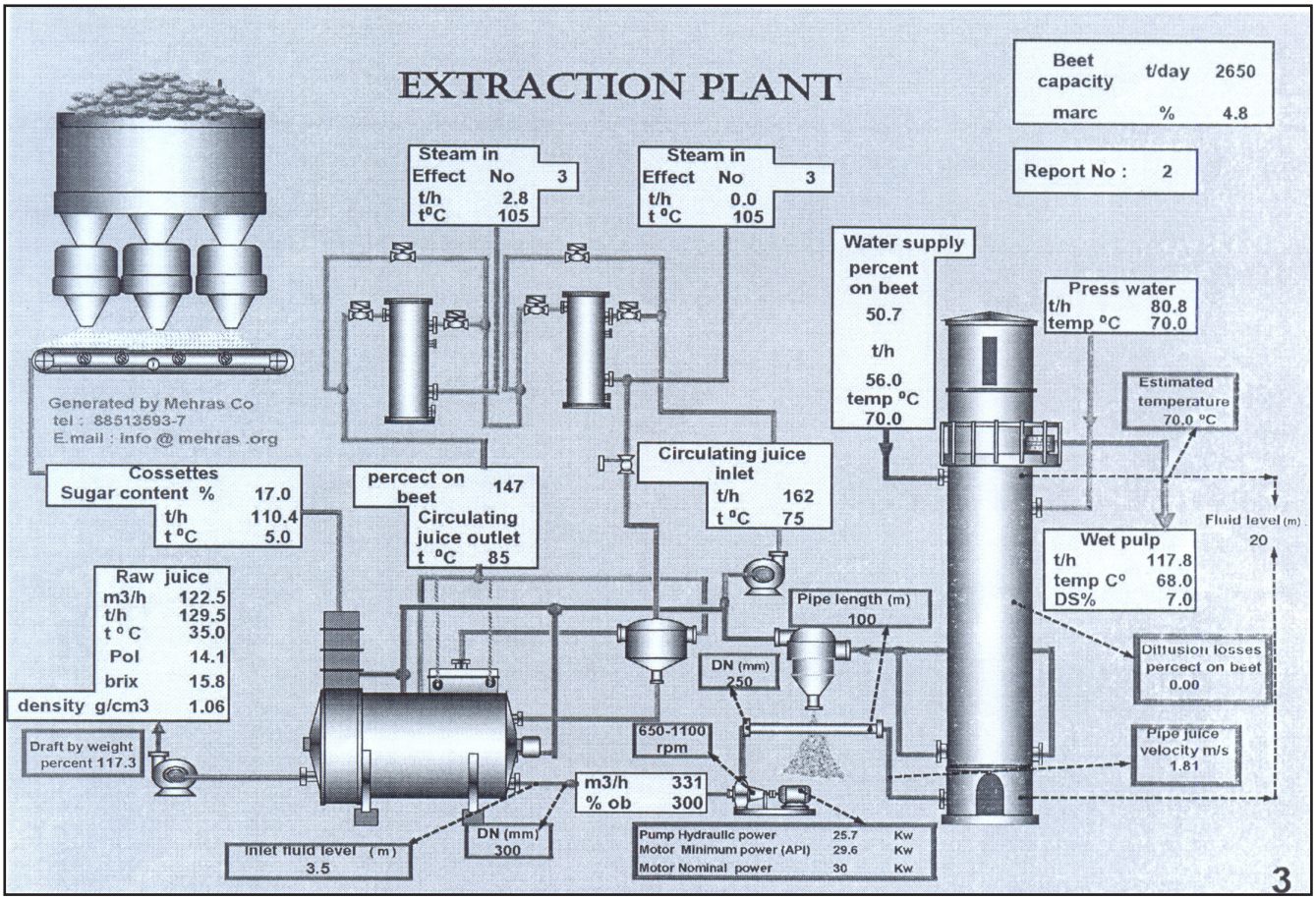
ج- در بهره‌برداری سال جاری (۹۴) ظرفیت مصرف چغندر کارخانه با تغییرات انجام شده به ۳۰۰۰ تن در روز افزایش یافته است.

د- درجه تمیزی ملاس تولیدی با تغییرات متعدد انجام شده در سیستم تصفیه و اصلاحات انجام شده در کیفیت پخت‌ها از ۶۱/۵ به ۵۸/۵ درصد کاهش یافته.

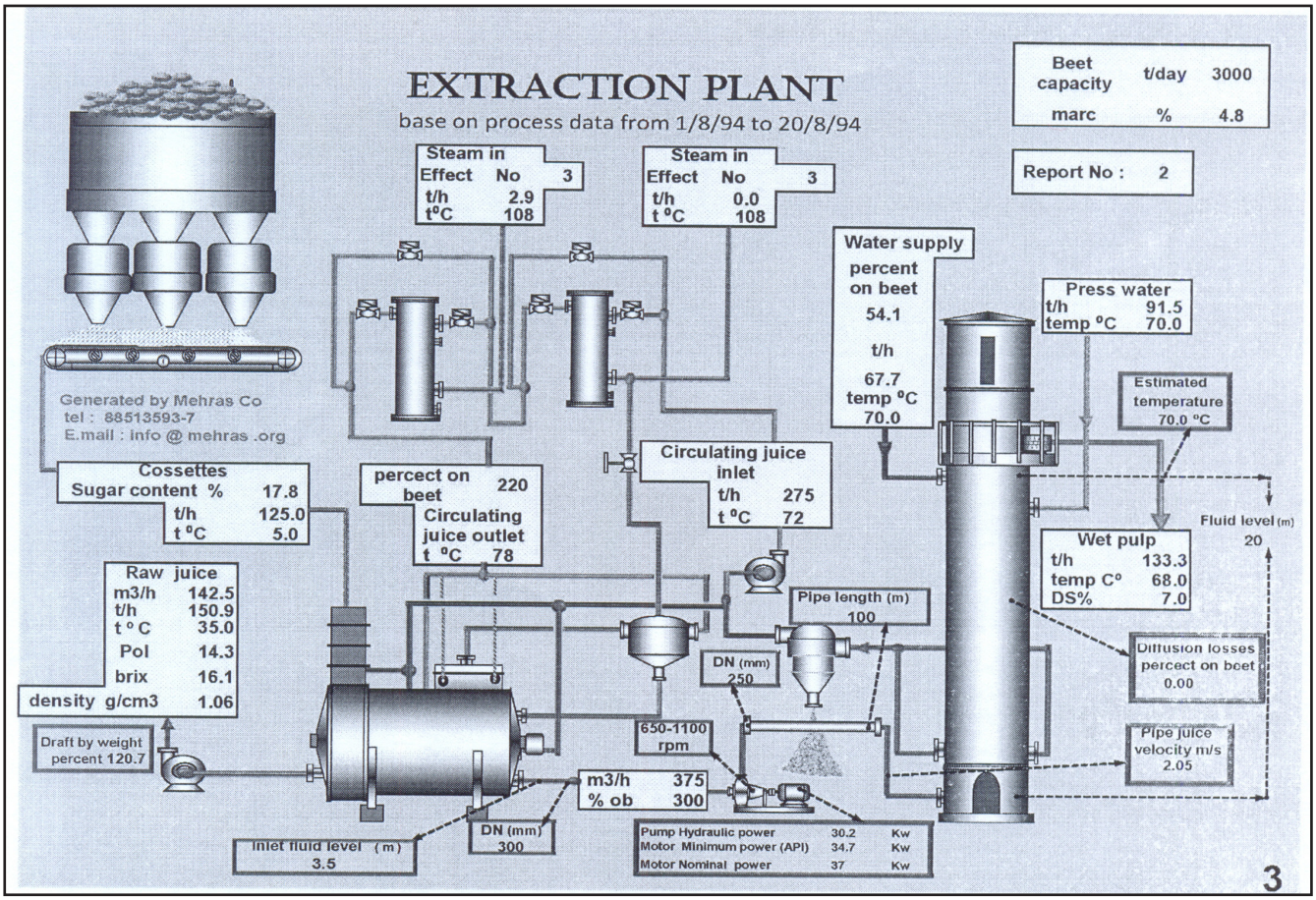
برای بررسی دوره‌های بهره‌برداری ذکر شده فوق، بعضی اطلاعات پروسه در جدول شماره ۱ نشان داده شده، جهت درک بهتر مطلب شکل جریان دیفوزیون، پخت سه، رفریجرانت‌ها و سانتریفیوژهای پخت سه در بهره‌برداری سال‌های ۹۳ و ۹۴ در صفحه‌های بعدی آمده است.

جدول شماره ۱- اطلاعات مربوط به مصرف خلال، شربت خام، پخت سه، رفریجرانت‌ها و ملاس تولیدی

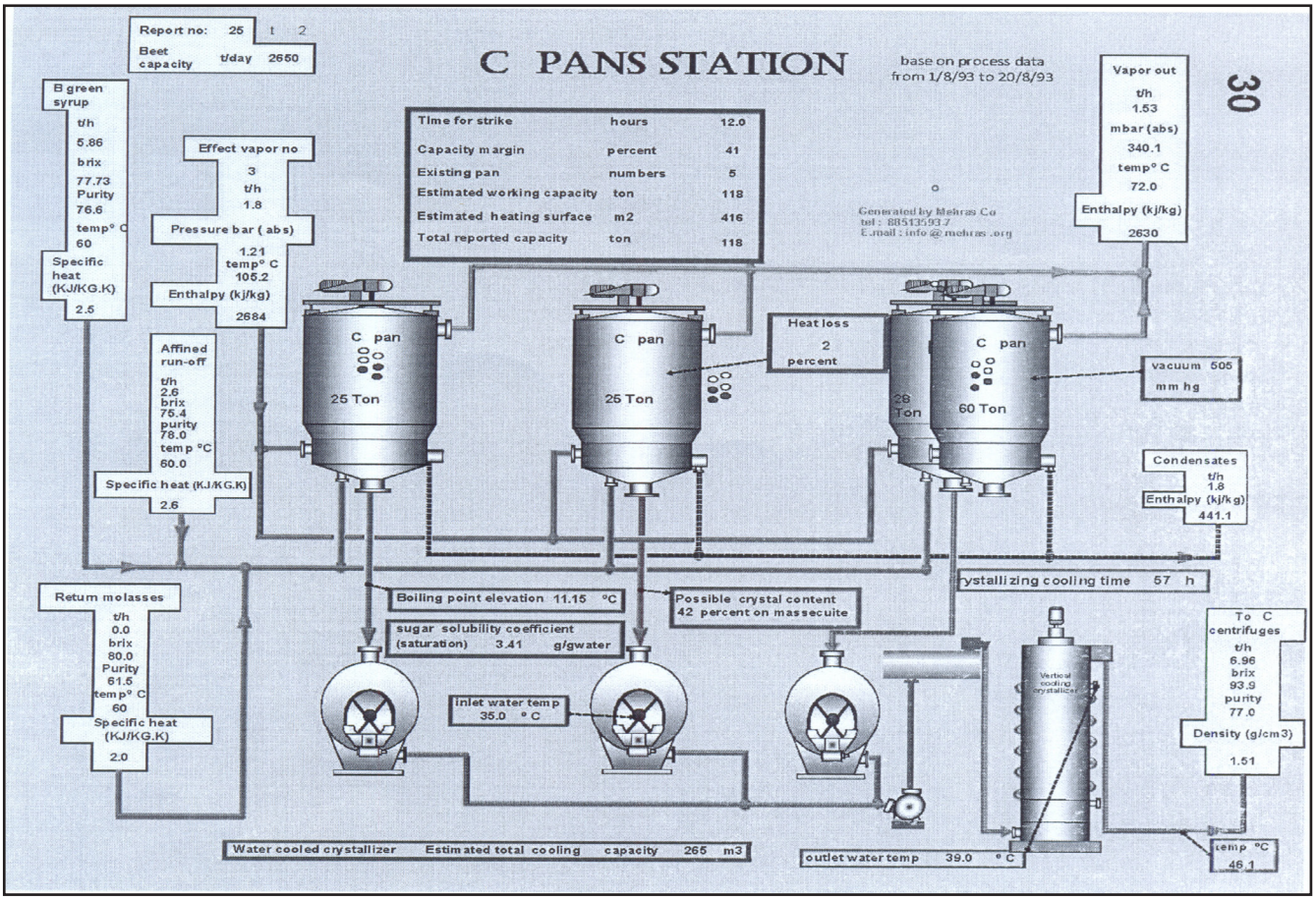
شرح	واحد	سال ۹۴	سال ۹۳
۱- مصرف خلال	تن در ساعت	۱۲۵	۱۲۲/۵
۲- دیژسیون	درصد	۱۷/۸	۱۷
۳- شربت خام			
۳-۱- کشش وزنی	درصد	۱۲۱	۱۱۷
۳-۲- مقدار شربت خام	تن در ساعت	۱۵۱	۱۲۹/۵
۳-۳- درجه تمیزی شربت خام	درصد	۸۸/۸	۸۹/۳
۴- پخت سه			
۴-۱- درجه تمیزی	درصد	۷۴/۵	۷۷
۴-۲- بریکس	درصد	۹۳/۹	۹۳/۹
۴-۳- مقدار	تن در ساعت	۸/۲	۷
۵- رفریجرانت پخت سه			
۵-۱- حجم رفریجرانت	مترمکعب	۲۶۵	۲۶۵
۵-۲- درجه حرارت آب ورودی	درجه سانتیگراد	۳۵	۳۵
۵-۳- درجه حرارت آب خروجی	درجه سانتیگراد	۳۹	۳۹
۵-۴- درجه حرارت پخت ورودی	درجه سانتیگراد	۷۲	۷۲
۵-۵- درجه حرارت پخت خروجی	درجه سانتیگراد	۵۰	۴۶
۵-۶- زمان ماند پخت	ساعت	۴۹	۵۷
۶- ملاس تولیدی			
۶-۱- درجه تمیزی	درصد	۵۸/۵	۶۱/۵
۶-۲- بریکس	درصد	۷۹/۵	۸۰
۶-۳- مقدار	تن در ساعت	۵/۳	۴/۱
۶-۴- ضایعات ملاس	درصد	۱/۹۶	۱/۸۵



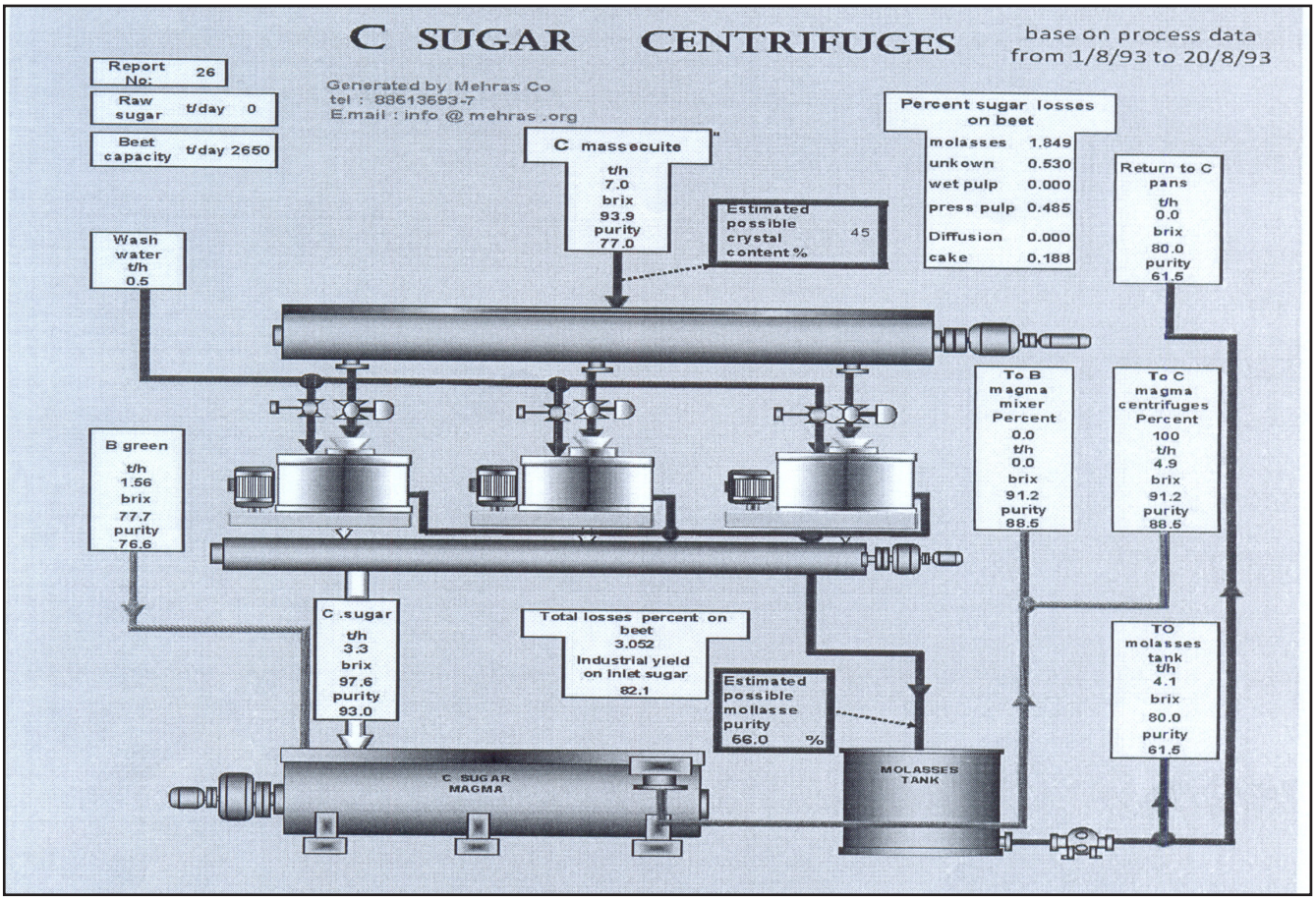
شکل جریان میزان دیفوزیون در سال ۹۳



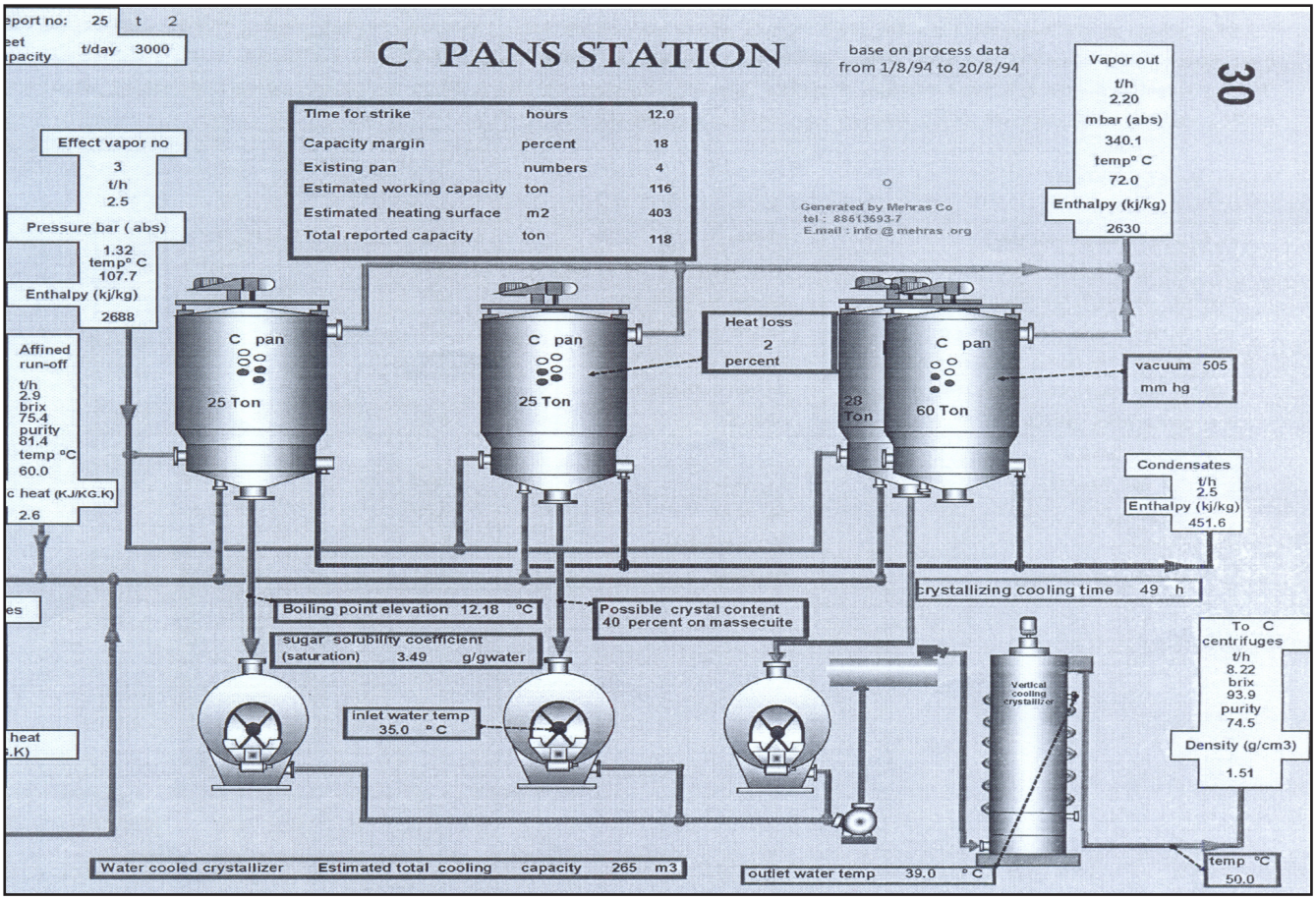
شکل جریان میزان دیفوزیون در سال ۹۴



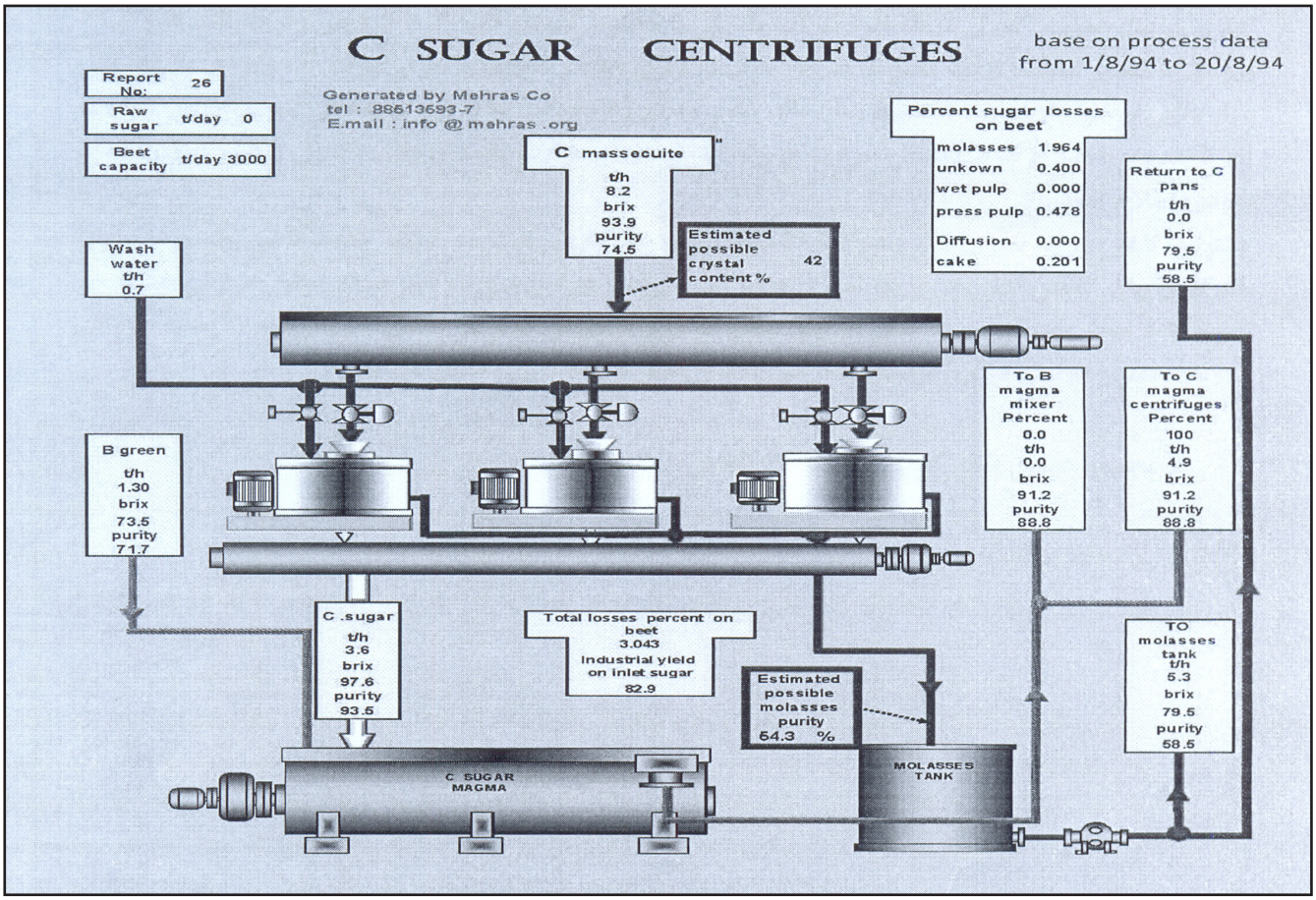
شکل جریان میزان پخت سه و رفریجرانت‌ها در سال ۹۳



شکل جریان میزان پخت سه و رفریجرانت‌ها در سال ۹۴



شکل جریان سانتریفوژ در سه ۹۳



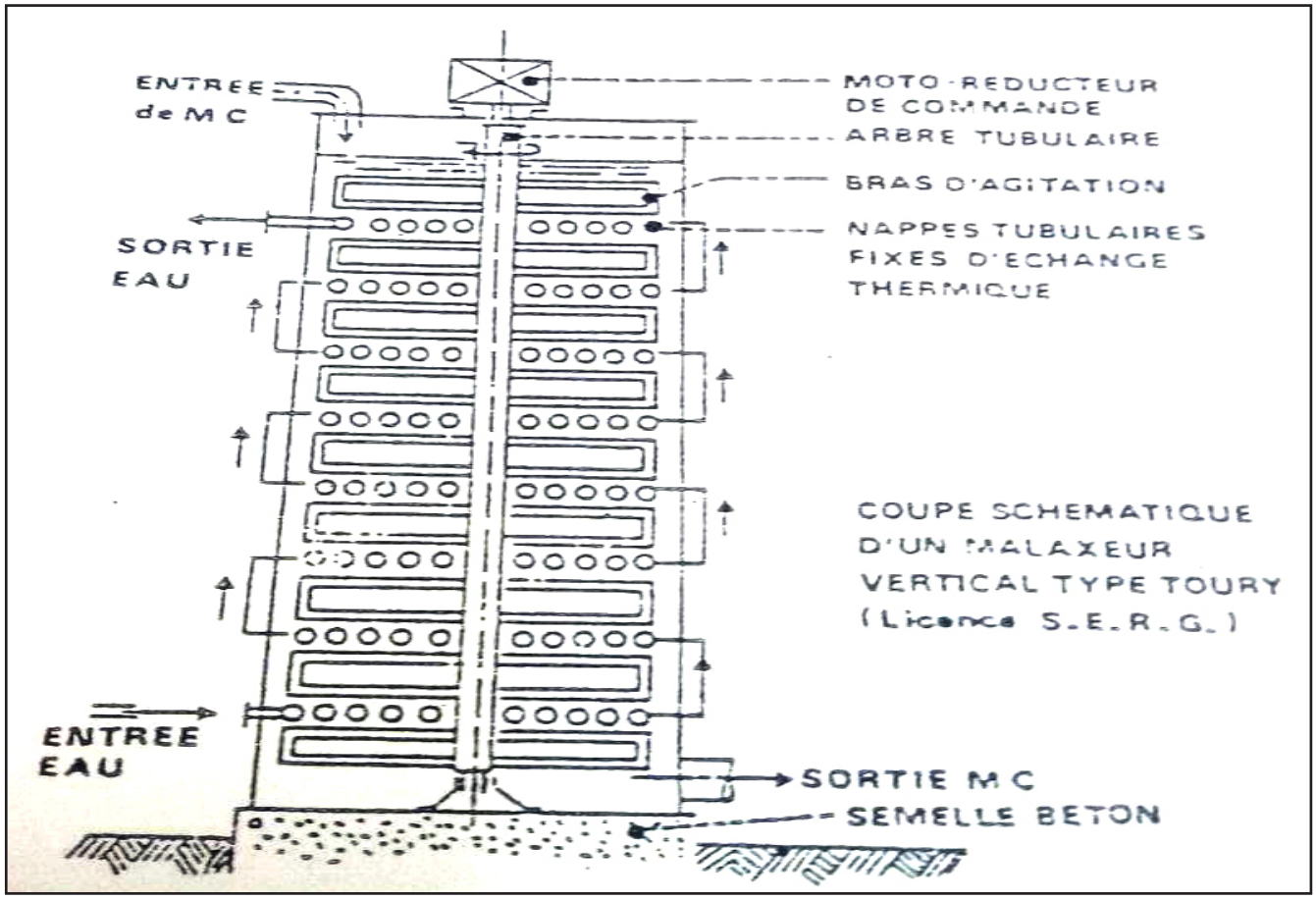
شکل جریان سانتریفوژ پخت سه در سال ۹۴

نتیجه‌گیری:

با توجــه به کاهش درجه تمیزی پخت ســه و همچنین علیرغــم کاهــش قابــل توجه درجــه تمیزی مــلاس در بهره‌برداری ســال ۹۴، به علت کوتاه شدن زمان ماند پخت در رفریجرانت‌ها، تشکیل کریستال‌های شکر در پخت کامل نگردیده و پس از تخلیه پخت به ملاکســورها، و سانتریفوژ کردن پخت ســه، مقدار ملاس تولیدی افزایش چشمگیری پیدا نموده اســت و در نتیجه ضایعات ملاس نه‌تنها کاهش نیافتــه بلکه افزایش نیز یافته اســت، کاهش درجه تمیزی ملاس تنها شاخص کاهش ضایعات نبوده و ارتباط مستقیم با میزان کریســتال موجود در پخت دارد، اعداد موجود در جدول شــماره ۱ و شکل جریان ســانتریفوژها نشان‌دهنده این مطلب می‌باشد.

حدود ۷-۸ درصد تشــکیل کریســتال شکر پخت سوم در رفریجرانت‌هــا اتفاق می‌افتد، افزایش ظرفیت و یا انجام اصلاحات در رفریجرانت‌های پخت سه، همزمان با افزایش ظرفیت کارخانه از ضروریات می‌باشــد، و برای این منظور انجام اتوماســیون جهت کنترل بریکس پخت سه ورودی، کنترل درجه حرارت پخت ســه در طی زمان ســرد شدن، کنترل ســرعت همزن، کنترل درجه حرارت آب مصرفی با مخلوط نمودن آب گرم خروجی رفریجرانت‌ها و آب ورودی به منظور اســتفاده از آب مخلوط بــا درجه حرارت کنترل شــده و همچنین کنتــرل میــزان آب ورودی، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار اســت، کمبود زمان ماند پخت سه در رفریجرانت‌هــا را می‌توان حتی بــدون افزایش ظرفیت آنهــا تا حدودی با اصلاح ضریب انتقال حرارت به وســیله کنتــرل درجه حرارت پخت ورودی، کنترل و تغییر میزان آب ورودی اصلاح نمود.

بیشــترین کاهش درجه تمیزی ملاس معمولاً تا ۳۰ ساعت اولیه ماندگاری پخت در خنک‌کننده‌ها می‌باشــد و در ساعات ماندگاری بیشتر کاهش کمی در درجه تمیزی حاصل می‌گردد، در این صورت تغییر نسبت ســطح حرارتی خنک‌کننده ها به حجم رفریجرانت‌ها یعنی افزایش سطح حرارتی از عوامل مؤثر در کاهش ســریع‌تر حــرارت پخت خروجــی در زمان کمتر و افزایش میزان کریســتال شکر می‌باشد و کاهش درجه تمیزی ملاس می‌باشد.



انرژی و محیط زیست در تولید شکر از چغندر قند

نقل: Sugar Industry ۲۰۱۵/۱۱
ترجمه: مهندس رسول مجیدی

صنعت قند مصرف انرژی خود را طی ۵۰ سال گذشته بهبود بخشیده است، به طوری که از میزان ۳۰۰-۲۵۰ کیلووات ساعت به ازای هر تن چغندر به ۱۷۰ کیلووات ساعت (البته به غیر از تفاله خشک‌کن) رسانیده است. این موفقیت از یکپارچگی اجزای مختلف فرآیند تولید و مدیریت خوب انرژی بدون در نظر گرفتن تفاله خشک‌کن حاصل شده است. تفاله خشک‌کنی از نوع ترواملی خود به ۹۸ کیلووات ساعت انرژی به ازای هر تن نیاز دارد. بنابراین جمع انرژی مصرفی به ۲۶۸ کیلووات ساعت به ازاء ۲۰ تن چغندر رسیده است.

به منظور کاهش انرژی ضرورت دارد که فرآیندهای مختلف در کارخانه را به «مصرف‌کنندگان انرژی» (User) و «تبدیل‌کنندگان انرژی» (Transformer) تقسیم‌بندی کنیم، که بدنه‌های اواپراسیون به عنوان تبدیل‌کنندگان بخار محسوب می‌شوند. وقتی طراحی صحیح است که مصرف‌کنندگان انرژی در هر جایی از کارخانه انرژی خود را از اواپراتورها دریافت کنند.

تفاله خشک‌کن ترواملی و سالن تولید مصرف‌کنندگان انرژی هستند که بیشتر مواقع انرژی تولیدی آنها قابل بازیافت نیست. برای کاهش مصرف انرژی لازم است که توجه معطوف به مصرف‌کنندگان و تبدیل‌کنندگان انرژی شود، به نحوی که چنان با هم هماهنگ باشند که فقط تبدیل‌کنندگان انرژی باشند. مثال‌هایی از این موارد آورده شده است که نشان می‌دهد با این اقدامات امکان پایین آوردن انرژی در حدود ۱۵۰-۱۴۰ کیلووات ساعت به ازای هر تن چغندر میسر خواهد بود.

پیشنهادهای کاهش انرژی، انتشار گاز Co_2 را نیز کاهش می‌دهد. نیمی از همه VOC (Volatile Organic Compound) (مواد آلی فرار) خروجی کارخانه‌های قند، از تفاله خشک‌کن ترواملی خارج می‌شود. خشک کردن تفاله تر با بخار باعث حذف VOC و انتشار گرد و خاک به جو محیط می‌شود.

واژه‌های کلیدی: صنعت قند و شکر – راندمان (بهره‌وری) انرژی – اقتصاد حرارتی – تفاله خشک‌کنی- خشک‌کن با بخار

۱- مصرف‌کنندگان و تبدیل‌کنندگان

تولید شکر می‌تواند به مراحل جداگانه‌ای تقسیم‌بندی شود، جایی که فرآیندها می‌توانند به مصرف‌کننده یا تبدیل‌کننده دسته‌بندی شوند. برای صرفه‌جویی انرژی مصرف‌کنندگان باید تا حدی که ممکن است از مصرف‌کنندگان انرژی کاست و یا فرآیند به یک تبدیل‌کننده انرژی تبدیل شده و تبدیل‌کنندگان باید حداکثر بهره‌وری را داشته باشند (Shall be Optimized)، به طوری که در عین حال که تبدیل‌کننده انرژی هستند حداقل افت انرژی را نیز داشته باشند. موارد فوق باید اساس صرفه‌جویی انرژی مدل کامپیوتری برای حصول بهترین نتیجه باشد.

مثال‌های مصرف‌کنندگان و تبدیل‌کنندگان در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- تقسیم‌بندی مراحل فرآیند

مصرف‌کنندگان انرژی	تبدیل‌کنندگان انرژی
استخراج شربت (دیفوزیون)	کوره های بخار
گرم‌کننده‌های شربت	توربین‌های بخار
بدنه‌های طباخی	بدنه‌های اواپراسیون
شیرخشک‌کنی	تفاله خشک‌کن توسط بخار
مصرف‌کننده‌های قدرت الکتریکی	
تفاله خشک‌کن ترواملی	

برخی از نظرات در مورد آنچه می‌توان انجام داد تا در مراحل مختلف مصرف انرژی بهبود حاصل شود به شرح زیر است:

- استخراج قند از چغندر نیاز به انرژی حرارتی دارد که به طور معمول توسط بدنه‌های اواپراسیون تأمین می‌شود. برای به حداقل رسانیدن انرژی مورد نیاز، درجه حرارت شربت خروجی دیفوزیون باید حتی‌الامکان پایین باشد. چون افزایش درجه حرارت شربت خروجی دیفوزیون یعنی مصرف بیشتر انرژی حرارتی در دیفوزیون فن‌آوری‌های قابل دسترس (اجرایی) در استخراج شربت متفاوت است. در بهره‌وری از انرژی در این رابطه اجرای دقیق موارد از اهم امور است، دیفوزیون شیب‌دار DDS از نقطه نظر مصرف انرژی یکی از بهترین طرح‌های استخراج شربت است.
- گرم کردن شربت تا حدود ۹۲ درجه سانتیگراد یک مصرف‌کننده است به منظور این گرم کردن شربت تا این درجه ممکن است از بخارهای دیگر غیر از بخار تولیدی از سیستم اواپراسیون استفاده نمود هر تن بخار گرفته شده از اواپراسیون یعنی حدود یک تن

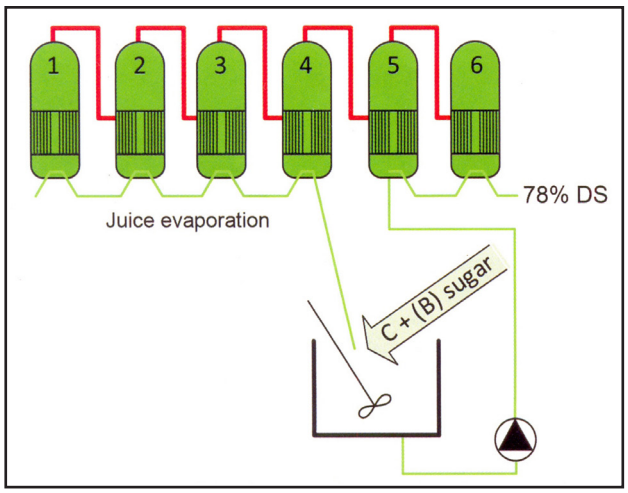
بخار اضافی باید در کوره‌های بخار تولید شود. لذا از آب کندانس داغ بدنه‌های اواپراسیون و بخار فشار پایین می‌توان برای گرم‌کننده‌های شربت استفاده نمود. به هر حال بخار خروجی از بدنه‌های اواپراسیون برای گرمایش شربت بالای ۹۲ درجه سانتیگراد مرحله به مرحله استفاده می‌شود.

فرآیند و نحوه گرم کردن شربت و استفاده از بخار و آب داغ کندانس بدنه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱- گرم کردن شربت

بخش کریستالیزاسیون و طباخی یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی است. راه‌هایی که می‌توان مصرف انرژی این بخش را کاهش داد عبارتند از:

- استفاده از لیکور استاندارد با BX (ماده خشک) مثلاً ۷۸٪ در تهیه شکر سفید در بدنه‌های پخت یک این روش در فرانسه متداول است و حتی بعضی مواقع BX لیکور استاندارد به ۸۰٪ هم می‌رسد.
- استفاده از شربت با BX یا ماده خشک ۷۰٪ یا حذف آب برای شستشوی شکر در سانتریفوژ تا هر چه کمتر شکر حل شود و پس آب کمتری تولید شود و مرحله بعدی کریستالیزاسیون و طباخی کاهش می‌یابد بنابراین شکر خروجی سانتریفوژ خشک‌تر است که در شکر خشک‌کن انرژی حرارتی کمتری برای خشک کردن شکر مصرف می‌شود بنابراین صرفه‌جویی در انرژی اتفاق می‌افتد.
- استفاده از کریستالیزاسیون دائمی (Continuous)
- به منظور اجتناب از تشکیل کریستال در شربت با ماده خشک بالای (BX بالا) شکر C قسمتی از شکر B در شربت بدنه ۴ حل می‌شود همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است. به علاوه اینکه مهم است که با فرتانک برای کیلو و استاندارد طوری طراحی شود که در گوشه‌های آن فضای مرده وجود نداشته باشد و جریان سیستماتیک و پیوسته باشد.



شکل ۲- حل کردن شکر B و C و ارسال آن به بدنه ۵ جهت کاهش ریسک تشکیل کریستال‌های ریز

اواپراسیون باید یک تبدیل‌کننده انرژی باشد. یک امکان افت در کندانسور می‌تواند به عنوان یک پتانسیل برای صرفه‌جویی انرژی باشد. آخرین مرحله دال بر کنترل پروسس است، اما انتقال انرژی در این مرحله باید حداقل باشد.

برای کاهش افت کندانسور در دستگاه اواپراسیون راه‌های شناخته شده‌ای به شرح زیر وجود دارد.

۱- گرفتن بخار حتی‌الامکان پایین در خط اواپراتورها به مصرف‌کننده‌های بخار. برای انجام این کار یک افت فشار جزئی بین دو بدنه آخر می‌تواند اجرایی شود.

۲- افزایش تعداد بدنه‌ها

۳- متراکم کردن بخار یک یا دو بدنه آخر توسط ترموکمپرسور. این عمل یک اثر منفی روی تولید قدرت برق دارد و نیاز به سطح حرارتی تقریبی مانند پیشنهاد ۲ را دارد.

نیروی الکتریکی

کاهش استفاده از آن در آینده مهم‌تر خواهد شد. اگر نتوان از منابع بیرونی تهیه کرد یک تقاضای نیروی برق بالا مانعی برای صرفه‌جویی مصرف سوخت خواهد بود. چه مقدار نیروی برق که می‌توان تولید کرد در حال نرمال و در حالت استفاده از بخار برای تفاله خشک‌کن بعداً نشان داده خواهد شد.

مصرف نیروی برق در کارخانه‌ها متغیر و به شرح زیر است:

۱۷ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی به ازای هر تن چغندر در کارخانه (Stege)دانمارک در سال ۱۹۸۹ شامل تفاله‌خشک‌کن با بخار

۲۰ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی به ازای هر تن چغندر در کارخانه Lesaffre Frerds, Nangis فرانسه شامل تفاله خشک‌کن با بخار

۲۵ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی برای هر تن چغندر به طور معمول در آلمان

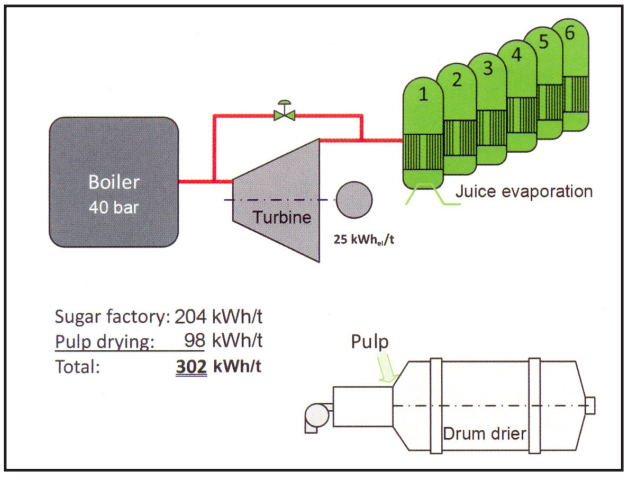
۳۰ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی بالا

تفاله‌خشک‌کن تروملی

تفاله خشک‌کن تروملی یک مصرف‌کننده عمده انرژی است به طور نمونه ۹۸ کیلووات ساعت برق به ازای هر تن چغندر. همچنین تفاله خشک‌کن موجب آلوده شدن اتمسفر با VOC می‌شود و بوی آن از فاصله ۲۰ کیلومتری تشخیص داده می‌شود. معمولاً نیمی از VOC انتشار یافته توسط کارخانه است.

انتشار گرد و خاک آن بالا است و تقریباً غیرممکن است که انتشار آنها به حد مجاز برسد این مصرف‌کننده انرژی باید به یک تبدیل‌کننده انرژی تبدیل شود به فرم خشک‌کن با بخار که کلاً بازیافت انرژی است. حتی قدرت الکتریکی مصرف شده موتورهای اصلی نیز به صورت حرارت جهت استفاده در اواپراتورها بازیافت خواهد شد. بنابراین در حالت تئوری امکان‌پذیر است که صددرصد انرژی سوخت در تفاله خشک‌کن را بازیافت نمود. تنها ضایعات ممکن است ضایعات حرارتی از عایق‌های بدنه‌های تحت فشار باشد که آن هم قابل صرف‌نظر کردن است.

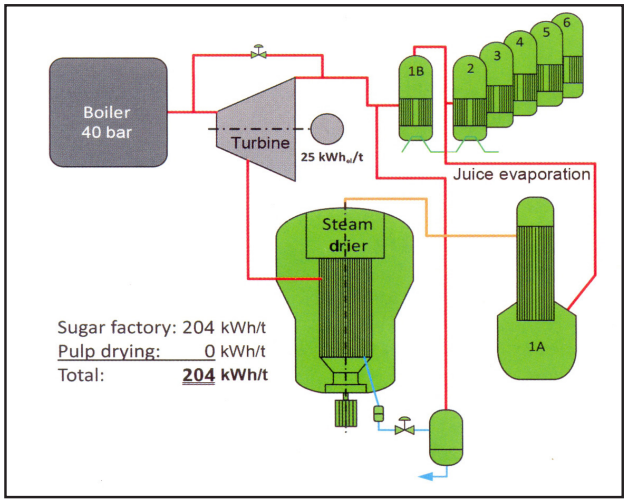
چیدمان سنتی برای یک کارخانه قند با تفاله خشک‌کن تروملی در شکل شماره ۳ نشان داده شده است در نمونه انتخاب شده مصرف سوخت کارخانه ۲۰۴ کیلووات ساعت انرژی سوخت به ازای هر تن چغندر برای تولید شکر و ۹۸ کیلووات ساعت انرژی به ازای هر تن چغندر برای تفاله خشک‌کن است که جمعاً ۳۰۲ کیلووات ساعت انرژی سوخت برای هر تن چغندر است. این کارخانه ۲۵ کیلووات ساعت انرژی الکتریکی قدرت برای نیاز خودش نیز تولید می‌کند و می‌تواند انرژی الکتریکی بیشتری تولید کرده و مازاد آن را به شبکه عمومی برق واگذار کند. اما در بیشتر کشورها این کار با توجه به هزینه‌های سوخت و دیگر هزینه‌ها از نظر مالی و اقتصادی قابل قبول نیست.



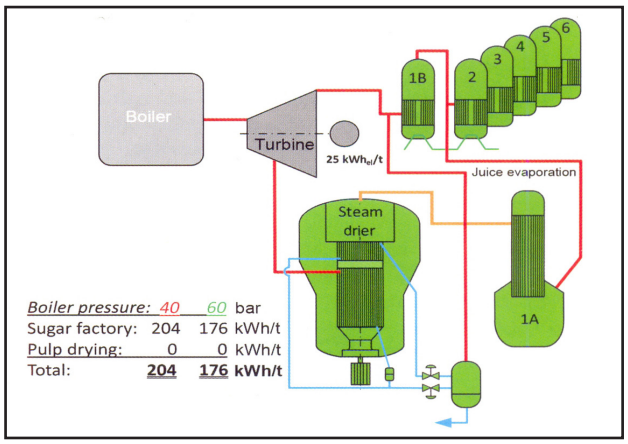
شکل ۳- چیدمان کارخانه قند سنتی با تفاله خشک‌کن تروملی

خشک کردن تفاله با بخار در همان کارخانه همه انرژی سوختی در تفاله خشک‌کن و همچنین قدرت الکتریکی مصرف شده در خشک‌کن را بازیافت خواهد نمود. همان طوری که در شکل شماره ۴ نشان داده شده است. در قدم اول مصرف سوخت از ۳۰۲ به ۲۰۴ کیلووات ساعت انرژی در تن چغندر کاهش داده می‌شود. اگر کندانس بخار اواپراتورها جایی که بخار خشک‌کن بخاری تا صفر درجه سانتیگراد سرد شود در آنجا کاهش مصرف سوخت در کوره‌های بخار خواهیم داشت اما این امکان‌پذیر نیست و اگر تا ۷۰ درجه سانتیگراد سرد کنیم امکان بازیافت انرژی تا ۹۵ درصد از ۹۸ کیلووات ساعت مصرفی خشک کردن تفاله در درجه دوم بالا را خواهیم، اما به منظور سادگی در محاسبات ۹۸ کیلووات ساعت در تن چغندر مبنای بازیافت در نظر گرفته می‌شود.

در مثال نشان داده می‌شود در شکل ۴ کاملاً امکان کاهش قدرت مورد نیاز در کارخانه تولید شکر ۲۵ کیلووات ساعت در تن چغندر وجود دارد. این براساس راندمان ایزوترمیک توربین $\eta isen$ = ۰/۸۲ و راندمان گیربکس و ژنراتور $\eta mec.ei$ برابر ۰/۹۵ است. اگر مصرف انرژی حرارتی این کارخانه کاهش می‌یابد، امکان کاهش قدرت انرژی الکتریکی وجود نخواهد داشت. به منظور بهبود این وضعیت شرکت EnerdryA/S یک اکونومایزر در مسیر خشک‌کن با بخار معرفی نموده است.



شکل ۴- تفاله خشک‌کن توسط بخار در یک کارخانه سنتی



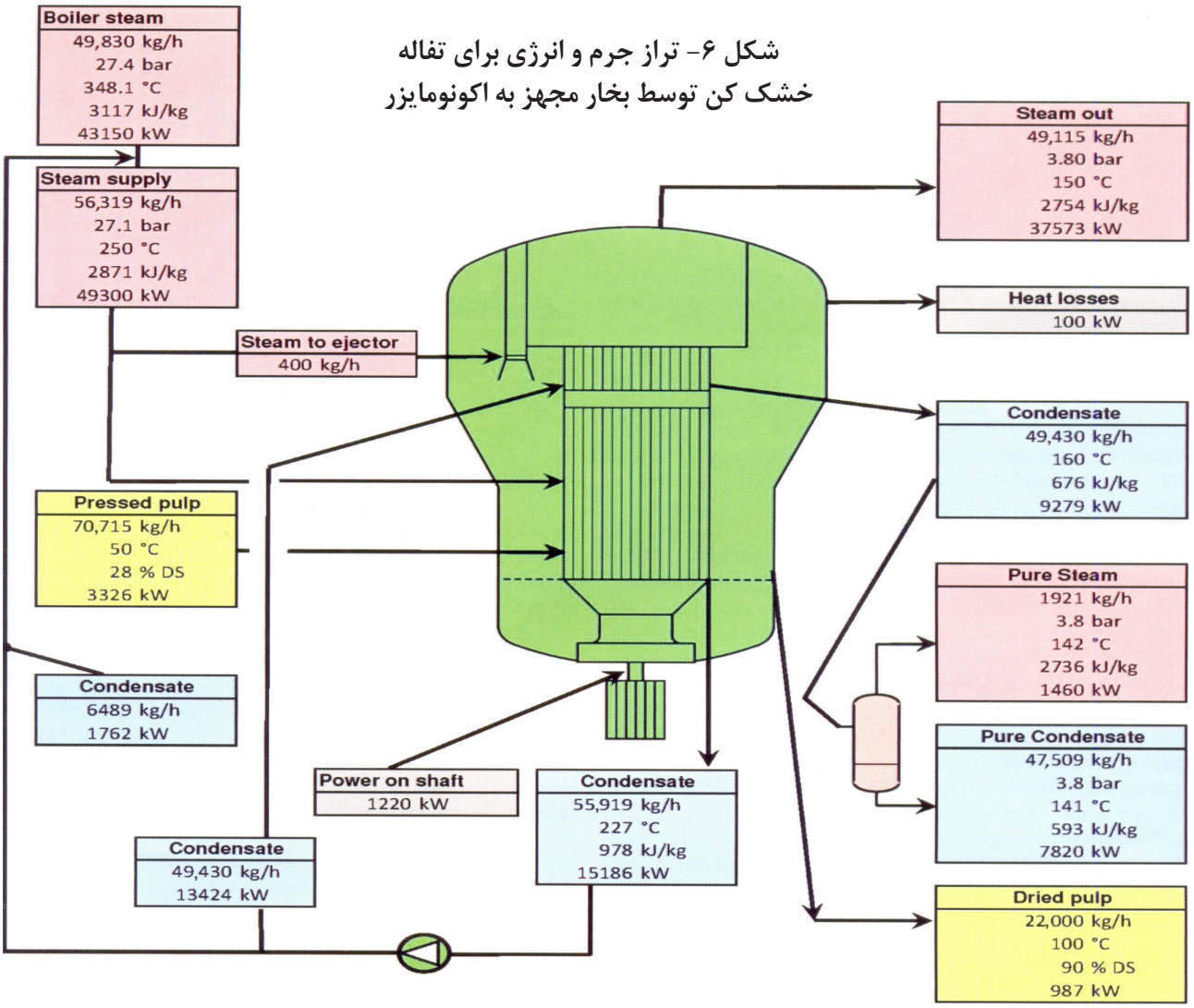
شکل ۵- تفاله خشک‌کن توسط بخار مجهز به اکونومایزر: مثال برای کوره بخار ۴۰ و ۶۰ بار

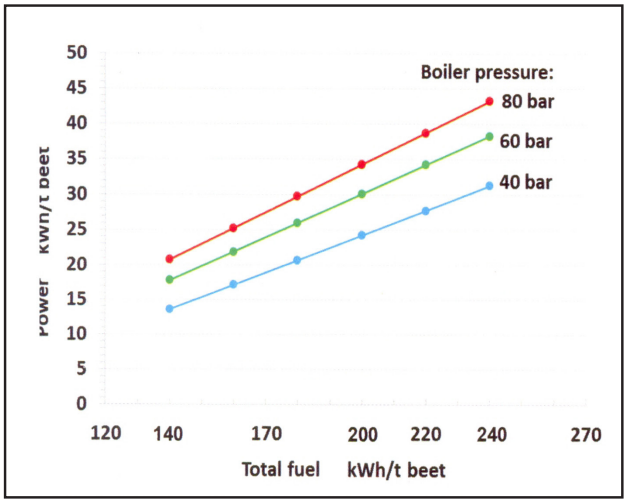
این اکونومایزر یک مبادله‌کننده انرژی اضافی اســت که روی مبادله‌کننده حرارتی اصلی قرار گرفته است در این طرح کندانس گرم از مبادله‌کننده حرارتی اصلی به عنوان پیش‌گرم‌کن در مدار بخار در خشک‌کن به کار می‌رود. بدین وسیله نیاز به تأمین بخار کاهش می‌یابد و مقدار Flash بخار که به اواپراسیون برمی‌گردد و بــه خوبی کاهش می‌یابد. این افزایش مقدار بخار که از توربین می‌گذرد باعث افزایش تولید انرژی الکتریکی می‌شــود، این یک دریچه است که امکان ذخیره سوخت اضافی در کارخانه را فراهم نمــوده و تولید نیروی کل مورد نیــاز در همان زمان را به همراه دارد. در حالتی که فشــار کوره بخار ۶۰ بار باشــد امکان کاهش مصرف ســوخت تا 176 kwh/ton و تولید قــدرت الکتریکی کافی برای مصرف کارخانه را به وجود می‌آورد.

صرفه‌جویی انرژی حرارتی به عنوان مثال با به کار بردن پیشنهادات فوق یا معرفی تفاله خشــک‌کن به وســیله بخار ممکن اســت ایجاد مشــکلاتی در تولیــد نیــروی الکتریکی کافــی بنماید. شــاید این ســرمایه‌گذاری جهت کاهش مصرف بخار در کارخانه بدون تأکید و اطمینان از اینکه یک روز احتیاج به خرید نیروی برق خواهیم داشت که ممکن است هم اینکه خیلی گران باشد و یا خرید آن ممکن نباشد.

یک تن بخــار کمتر به اواپراتورها موجــب تولید کمتر انرژی الکتریکی تا ۱۵۰ kwel وقتی که بخار از ۶۰ به ۳/۵ بار انبســاط پیدا می‌کند، می‌شود. صرفه‌جویی همین مقدار از انرژی حرارتی در یک کارخانه با تفاله خشــک‌کن بخاری و انبساط بخار از ۲۰ به ۳ بــار باعث کاهش تولید انرژی الکتریکــی تقریباً ۸۵kwel می‌شــود. بعضــی از کارخانه‌هــا کــه روی صرفه‌جویــی انرژی ســرمایه‌گذاری کرده‌اند به وضعیتی رســیده‌اند که احداث تفاله خشــک‌کن بخاری موجب بروز مشکل برای تولید برق کافی در کارخانه اســت و این ســؤال مطرح اســت که این نیاز به خرید نیروی برق از خارج به خاطر صرفه‌جویی انرژی در کارخانه است و یا به خاطر تفاله خشــک‌کن بخاری. شــکل ۷ نشــان می‌دهد که یک کارخانه با کوره بخار با فشــار ۴۰ بار و مصرف ســوخت 204kwh/tonbeet امکان تولید قدرت تقریبی 25kwh/tonbeet را دارد. و اگر کارخانه مجهز به کوره بخار با تولید بخار با ۶۰ بار باشد کارخانه امکان کاهش مصرف سوخت به 176kwh/tonbeet را دارد و هنوز هم توان تولید 25kwh/tonbeet را دارا است.

شکل ۶- تراز جرم و انرژی برای تفاله خشک کن توسط بخار مجهز به اکونومایزر





شکل ۷- تولید بخار به عنوان مصرف کل سوخت کارخانه

این نمودار بر مبنای یک کارخانه سنتی و با استفاده از تفاله خشک‌کن توسط بخار مجهز به اکونومایزر است همچنان که در شکل ۵ نشان داده شده است

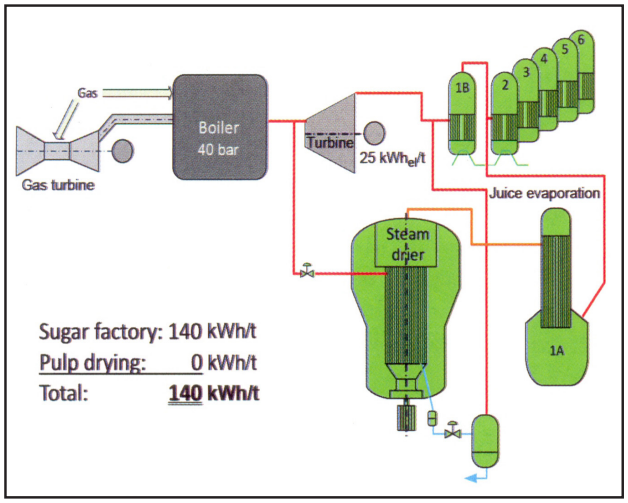
برای تولید بر مبنای شکل ۷ ارقام و شرایط زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد

راندمان کوره بخار	۸۸ درصد
فشار بخار بدنه اول اواپراسیون	۳/۵ بار
راندمان توربین بخار	۸۲ درصد
تلفات (ضایعات) گیربکس توربوژنراتور	٪۵
ماده خشک تفاله‌تر	۲۸ درصد

تولید تفاله خشک پرس شده بدون ملاس ٪۵/۳ نسبت به چغندر هیچ نوع تصحیحی برای تلفات به جز آنچه که در راندمان‌ها داده شده در نظر گرفته نشده است و نیز بخار برگشتی برای توربین به منظور تنظیم در نظر گرفته نشده است.

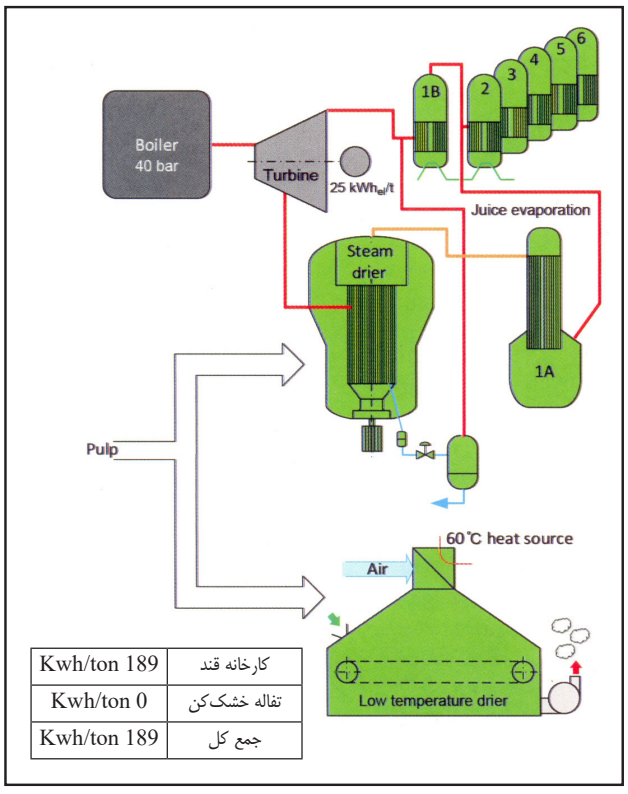
یک توربین گازی یک راه حل خوب برای بهره‌وری در انرژی در کارخانه‌های قند است و یا برای کارخانه‌های با کوره بخار با فشار پایین. یک شماو چیدمان در شکل ۸ نشان داده شده است که مشابه آن در کارخانه قند Lesaffre Freres SA واقع در فرانسه وجود دارد که تولید شکر از نظر مصرف انرژی در آن خیلی مناسب و اقتصادی است و شکر سفید تولیدی مطابق استاندارد EU.No۱ و به صورت فله است.

تولید بخار مطابق با نیازهای کارخانه است و ٪۸۰ تفاله با بخار خشک می‌شود. مصرف گاز با متوسط مصرف هفتگی kwh/ton beet157 و یا 1100kwh/ton sugar بر مبنای ۱۶/۲ درصد قند در چغندر می‌باشد که اگر درصد قند چغندر بیشتر از ۱۶/۲ درصد باشد می‌تواند مصرف انرژی نسبت به ارقام فوق کاهش یابد که این احتمالاً یک رکورد جهانی است که حتی می‌تواند احتمالاً به 140kw/tonbeet برسد. هدف 140kw/tonbeet به نظر می‌رسد یک هدف جاه‌طلبانه باشد.



شکل ۸- توربین گازی برای تولید نیروی برق و تفاله خشک‌کن توسط بخار

اما با توجه به تجربه و توسعه تاریخی در کاهش سوخت به نظر می‌رسد واقع‌گرایانه باشد. ترکیبی از خشک‌کن با درجه حرارت پایین و خشک‌کن بخاری امکان تولید راحت‌تر نیروی برق را دارد در (شکل ۹) یک خشک‌کن با درجه حرارت پایین می‌تواند به عنوان ترکیبی از خشک‌کن با درجه حرارت پایین و خشک‌کن بخاری امکان تولید راحت تر و به میزان کافی نیروی برق در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹- ترکیب تفاله خشک با درجه حرارت پایین و خشک‌کن با بخار

یک خشک‌کن با درجه حرارت پایین می‌تواند به عنوان پیش خشک‌کن استفاده شود. ترکیب دو خشک‌کن هزینه بیشتری در نصب و بهره‌برداری و نگهداری نسبت به یک خشک‌کن بخاری برای خشک کردن کامل تفاله را دارد. مزیت ترکیب بستگی به وضعیت برق است و باید امتحان شود در صورتی که میسر باشد بهتر است کمبود برق از خارج خریداری شود و فقط از یک خشک‌کن بخاری استفاده شود در مورد اینکه چه مقدار از تفاله را می‌توان در یک خشک‌کن با درجه حرارت پایین خشک کرد بستگی به راندمان انرژی کارخانه دارد.

در یک کارخانه قند که بهره‌وری انرژی در آن به طور کامل رعایت شده باشد، هیچ انرژی سیالی بالای ۶۰ درجه سانتیگراد به صورت آزاد رها نشده است و همه حرارت آن در کندانس برای گرم کردن شربت استفاده شده است. هیچ‌گونه بخار فشار پایین ساطع از اواپراتورها نیست مگر اینکه همه آنها برای گرم کردن شربت در یک بالن حرارتی خوب استفاده نشده است. بخار متصاعد شده از بدنه‌های طباخی در آب کندانس پایان می‌یابد آن انرژی با درجه حرارت حدود ۶۰ درجه سانتیگراد برای خشک کردن تفاله با درجه حرارت پایین قابل دسترس است. در صورتی که یک کارخانه حقیقتاً برای مصرف کم انرژی طراحی و تنظیم شده باشد که هیچ انرژی آزادی جهت هدر رفتن نداشته باشد، با فرض اینکه کیلو استاندارد ماده خشک (Bx) ۷۸ درصد داشته باشد که با حل کردن شکر B و C همچنان که در شکل ۲ نشان داده شده است. در بخش شکر و سانتریفوژهای پخت ۱ در صورتی که بریکس پخت ۱ حدود ۹۳ تا ۹۵ باشد بنابراین فقط ۵ تا ۷ درصد آب وجود دارد، به علاوه آب شستشویی که در سانتریفوژها به آن اضافه می‌شود که مقدار آن هم اندک است و آن هم می‌تواند با استفاده از شربت کاهش داده شود. قسمتی از این آب در بخار فشار پایین برای گرم کردن شربت و قسمتی نیز از طریق ملاس از سالن تولید خارج می‌شود در حدود (۰/۷ درصد نسبت به چغندر). بخار با فشار پایین باقیمانده که خارج می‌شود، صرف گرم کردن شربت می‌شود و در نهایت کمتر از ۴٪ از بخار فشار پایین نسبت به چغندر خط تولید را ترک می‌کند یک کیلوگرم بخار فشار پایین در ۶۰ درجه سانتیگراد می‌تواند حاوی ۲۳۵۷/۷ کیلوژول به کیلوگرم باشد. یک خشک‌کن بخار نیاز به حدود ۴۷۰۰ کیلوژول انرژی دارد تا یک کیلوگرم آب از تفاله را تبخیر کند بنابراین ۴٪ بخار انرژی پایین نسبت به چغندر می‌تواند ۲٪ آب تفاله را تبخیر کند.

بین ۱۰تا ۱۲ درصد آب چغندر باید در حین خشک کردن تفاله تبخیر شود بنابراین یک کارخانه قند با بهره‌وری انرژی بالا فقط می‌تواند کمتر از ۲۰٪ از تفاله را در یک خشک‌کن درجه حرارت پایین خشک کند. خشک‌کن با درجه حرارت پایین را می‌توان با کندانس داغ یا بخار اواپراتورها بالا برد. حرارت کندانس داغ بالای ۶۰ درجه را می‌توان برای گرم‌کردن شربت به کار برد. اگر آن حرارت برای جای دیگری به کار برده شود باید به بخار اواپراتورها جایگزین شود.

حرارت گرفته شده از کندانس داغ و با بخار هر یک از بدنه‌های اواپراتورها نتایج مشابهی دارند این حرارت باید از بدنه اول اواپراسیون تأمین شود. یک کیلوگرم بخار دریافتی از اواپراتور مهم نیست که از کدام بدنه باشد. نیاز به یک کیلوگرم بخار اضافی از کوره بخار را دارد و یک کیلوگرم آب تبخیر شده در خشک‌کن درجه حرارت پایین نیاز به $\frac{۴۷۰۰}{۲۳۵۷/۷}$ = ۱/۹۹ یعنی تقریباً ۲ کیلوگرم از بخار با درجه حرارت پایین از آخرین بدنه اواپراتورها را دارد و به هر حال نیاز به ۲ کیلوگرم بخار بیشتر از کوره است. و به خاطر افت در کوره تفاضل تقریباً ۵۳۰۰۰ کیلوژول به عنوان سوخت در کوره‌هاست که این تقریباً دو برابر مقدار سوختی است که برای تفاله خشک‌کن ترومللی نیاز است که باعث افزایش بار روی کوره شده و نهایتاً ظرفیت کوره باید برای این مقدار جریان بخار افزایش یابد.

اگر یک کارخانه یک خشک‌کن بادرجه حرارت پایین برای استفاده از انرژی ضایعاتی قابل دسترس در یک زمان نصب کرده است وقتی که این کارخانه از نظر انرژی کم بهره‌ور است این خشک‌کن می‌تواند به عنوان مانعی در آینده برای بهره‌ور کردن (صرفه‌جویی انرژی) باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج زیر را می‌توان ترسیم کرد

- برای صرفه‌جویی انرژی مفید است که مراحل فرآیند را به «مصرف‌کننده‌ها» و «تبدیل‌کننده‌ها» تقسیم‌بندی کرد. مصرف‌کننده‌ها باید تا آنجایی که مقدور است صرفه‌جو یا کم‌مصرف باشند (Save Energy) و تبدیل‌کننده‌ها باید صرفاً انتقال‌دهنده انرژی باشند.
- خشک‌کن ترومللی یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی است که باید به تبدیل‌کننده انرژی به فرم خشک‌کن بخاری تغییر یابد.
- اگر تفاله تر با خشک کن ترومللی خشک می‌شود امکان ندارد که مصرف سوخت کارخانه را زیر 240kwh/tonbeet پایین بیاوریم.
- یک کارخانه در فرانسه فقط نیاز به 157kwh سوخت در هر تن چغندر را دارد که این مقدار شامل تولید قدرت الکتریکی و خشک‌کن تفاله نیز می‌شود.
- هر صرفه‌جویی در انرژی حرارتی در یک کارخانه و یا صرفه‌جویی به خاطر خشک‌کن بخاری امکان تولید بیشتر قدرت الکتریکی را کاهش می‌دهد.
- صرفه‌جویی انرژی در کارخانه تولید قدرت الکتریکی را کاهش می‌دهد این کاهش نسبتاً از صرفه‌جویی انرژی است که به وسیله خشک‌کن بخاری اتفاق می‌افتد که ارتباط با مقدار صرفه‌جویی در سوخت کارخانه دارد.
- به منظور بهبود در تولید قدرت الکتریک شرکت Ener Dry پیشنهاد نصب یک اکونومایزر در خشک‌کن بخاری را داده است.
- اگر یک کارخانه قند مصرف انرژی بسیار پایین دارد کمتر از (170kwh/tonbeet) مشکل است که قدرت الکتریکی کافی را داشته باشد و همه تفاله را خشک کند. لازم است که قدرت الکتریکی را خریداری کند و یا نسبت به نصب توربین گازی اقدام کند.
- وضعیت قدرت الکتریکی را می‌توان بهبود داد از طریق ترکیب تفاله خشک‌کن بخاری و خشک‌کن درجه حرارت پایین.
- یک کارخانه کاملاً در مصرف انرژی در حالت حداقل است (مینیمم مصرف را دارد) فقط انرژی حرارتی به صورت آزاد که قابل دسترس باشد برای خشک کردن بخش کوچکی از تفاله (۲۰٪) را در خشک‌کن با درجه حرارت پایین را دارا است.
- تنها راه آوردن مصرف سوخت کل یک کارخانه با تفاله خشک‌کن در محدوده ۱۲۰ تا ۱۴۰ کیلووات ساعت در تن چغندر است که پیشنهاد خشک کردن با بخار داده شود.

گزارش بهره‌برداری ۱۵-۲۰۱۴ اتحادیه شکر آلمان - شاخه شمال

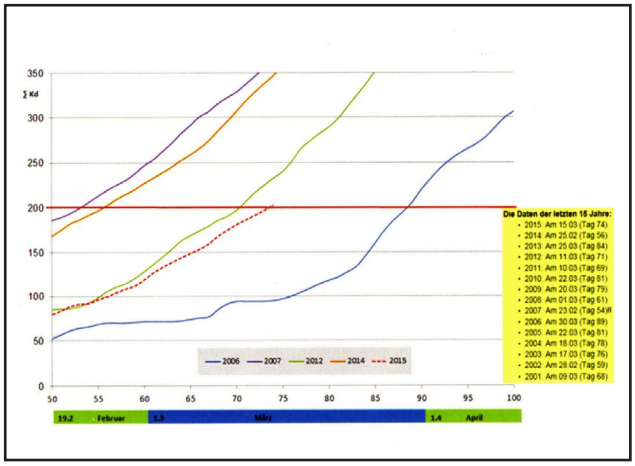
نقل از مجله: Sugar Industry
ترجمه مهندس محمود ابطحی

شرایط کشت- محصول چغندر- عیار- مشخصات بهره‌برداری- میزان مصرف انرژی- ایمنی کار- سرمایه‌گذاری‌ها- توقفات دوره بهره‌برداری

۱- سال چغندری ۲۰۱۴ در شمال آلمان

دمای هوا در ماه‌های ژانویه و فوریه ۲۰۱۴ بیشتر از میانگین حرارت سال‌های قبل بود (شکل ۱) هوا در تمام سه ماهه اول سال ۲۰۱۴ بسیار گرم و خشک بود – بارندگی در ماه‌های آوریل و می و ژوئن باعث رشد سریع چغندرها شدند – در زمین‌هایی که در ابتدا کشت شده بودند، میزان چغندر در اواسط ماه می مشخص شده بود – برای ادامه رشد چغندر حرارت و بارندگی‌ها بسیار مطلوب بود و باعث نتایج بسیار خوبی شد. همچنین شرایط در هنگام برداشت و سیلو کردن بسیار خوب بود (به استثنای منطقه Anklam که یک مرحله یخزدگی در اوایل دسامبر همراه با بارندگی بیش از انتظار داشت).

مجموع حرارت در دوره سبز شدن چغندر در سال ۲۰۱۴ به وضوح بیشتر از سال قبل و مشابه سال ۲۰۰۷ بود (شکل ۲) – به طوری که مجموع حرارت به ۲۰۰ درجه در روز (خیلی زودتر از سال قبل) رسید و نهایتاً امکان کشت زودهنگام فراهم شد مجموع حرارت کشت سبز برابر است با مجموع حرارت ثبت روزانه از یکم ژانویه مجموع حرارت ژانویه در ۰/۵ و مجموع حرارت فوریه در ۰/۷۵ ضرب می‌شود – مجموع حرارت روزهای مارس بدون تغییر می‌ماند.

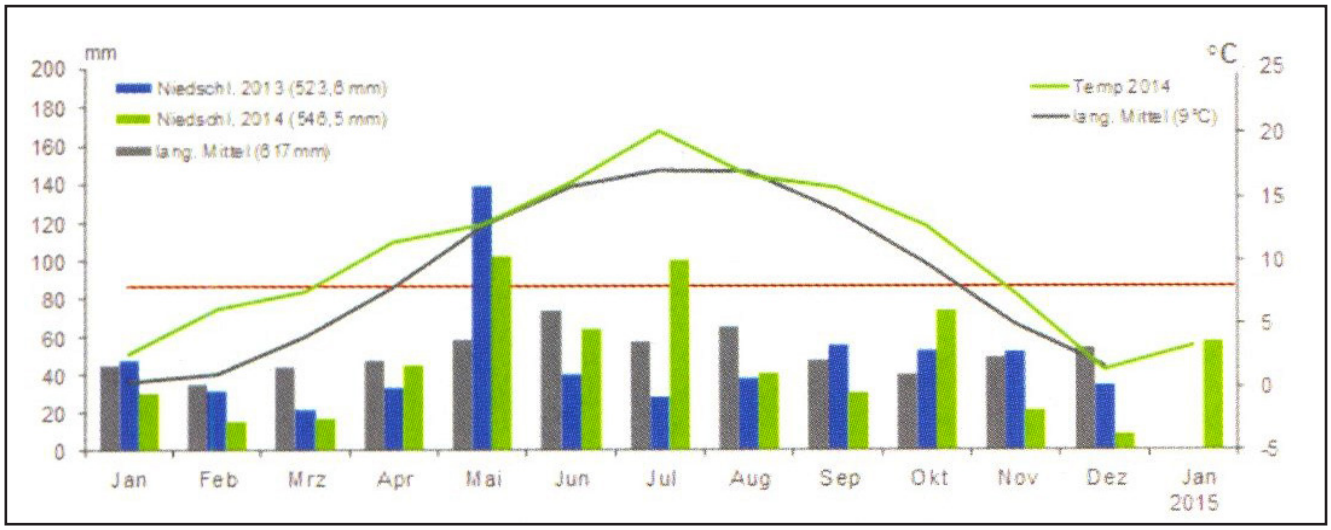


شکل ۲- حرارت و مقدار بارندگی ۲۰۱۵-۲۰۱۴
منبع: هواشناسی آلمان – محل برانشویگ Völkenrode

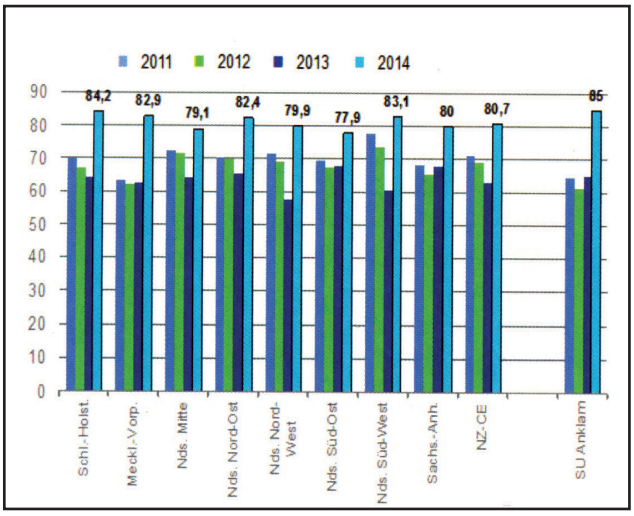
۲- محصول چغندر و مقدار قند چغندر

میانگین محصول چغندر، در منطقه کشت شکر شمال در بهره‌برداری ۱۵-۲۰۱۴، ۸۰/۷ تن در هکتار و در منطقه سوکریونی (Anklam) ۸۵ تن در هکتار بود. کشت زودهنگام و شرایط بسیار عالی سال ۲۰۱۴ باعث این راندمان خوب شدند.

شکل ۱- مجموع حرارت کشت سبز ۲۰۱۵-۲۰۰۶



اعداد مناطق مختلف کشت به تفکیک در شکل ۳ مشاهده می‌شوند. میانگین مقدار قند چغندر ۱۷/۷ درصد برای شکر شمال (کمی کمتر از سال گذشته) بود. (شکل ۴) شرایط بسیار خوب دوره رشد در پاییز به دلیل هجوم گسترده یک بیماری برگ تغییر یافت و مانع ایجاد بیشتر قند در چغندر شد. میانگین قند برای شمال آلمان (شرکت شکر شمال و سوکریونی Anklam) ۱۷/۶ درصد بود.



شکل ۳- مقدار چغندر تن در هکتار در مناطق کشت شمال آلمان

۳- مشخصات بهره برداری: مقدار چغندر مصرفی و میانگین دوره بهره‌برداری در مقایسه با سال قبل، همچنین سایر مشخصات بهره‌برداری در جدول ۱ مشاهده می‌شوند. مقدار چغندرمصرفی در سوکریونی کارخانه Anklam ۱/۵۸ میلیون تن و بیشتر از سال قبل بود زمان بهره‌برداری ۱۵۴ روز و طولانی‌تر از سال گذشته بود.

جدول ۱- مشخصات فنی بهره برداری ۱۵-۲۰۱۴

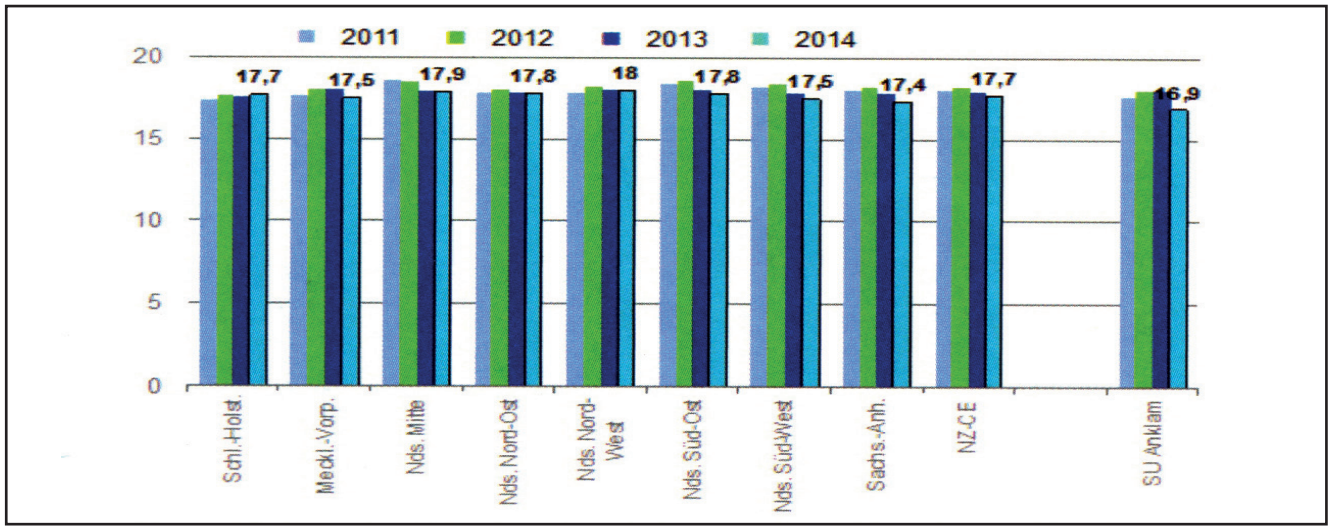
	شمال	شرکت شکر شمال	سوکریونی Anklam Suirerunie
مصرف چغندر (تن)	۱۰۹۵۷۰۸۲ ۸۷۱۷۳۵۳	۹۳۷۷۱۴۸ ۷۲۷۶۵۹۶	۱۵۷۹۹۳۴ ۱۴۴۰۷۵۷
روزهای بهره‌برداری	۱۳۳/۱ ۱۰۵/۳	۱۲۹/۶ ۱۰۱/۴	۱۵۴ ۱۲۵
میانگین مصرف چغندر در هر کارخانه تن در روز	۱۳۸۵۷ ۱۳۸۸۵	۱۴۴۷۴ ۱۴۳۵۲	۱۰۱۹۳ ۱۱۵۲۶
مصرف انرژی کوره بخار کیلووات ساعت برای هر تن چغندر kwh/TB	۱۷۸ ۱۷۳	۱۷۹ ۱۷۸	۱۷۱ ۱۵۴
ماده خشک تفاله پرس شده ٪	۳۰/۶ ۳۰/۹	۳۱/۲ ۳۱/۴	۲۷ ۲۸/۴
مصرف برق خالص کیلووات ساعت برای هر تن چغندر kwh/TB	- ۲۵/۵	۲۵/۹ ۲۵/۹	۱۶/۹
مصرف انرژی برای خشک‌کن‌ها کیلووات ساعت برای هر تن چغندر kwh/TB	۳۶/۵ ۳۶/۵	۴۰/۵ ۴۳/۲	۲/۸ ۲/۸

مجموع چغندر مصرفی در منطقه شکر شمال ۹/۳۸ میلیون تن، تقریباً ۲۹ درصد بیشتر از سال گذشته بود. میانگین دوره بهره‌برداری ۱۳۰ روز و بیشتر از سال قبل بود (سال قبل ۱۰۱ روز بود).

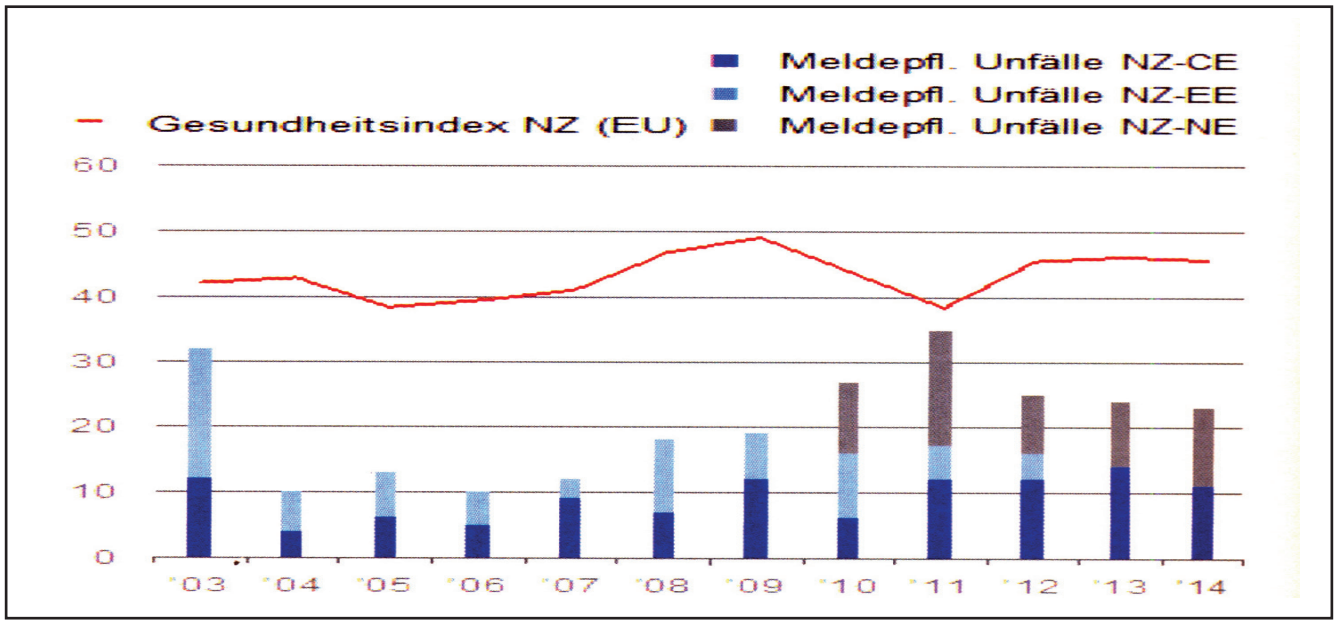
میانگین مصرف روزانه چغندر در هر کارخانه ۱۴۴۷۴ تن در روز که تقریباً برابر سال قبل بود (سال قبل ۱۴۳۵۲ تن در روز بود).

میانگین مصرف انرژی در کوره بخار در تمامی کارخانه‌های شکر شمال تقریباً برابر سال قبل بود. مصرف برق در کارخانه‌های شکر شمال ۲۵/۹ کیلووات ساعت برای هر تن چغندر و برابر سال قبل بود.

شکل ۴- درصد مقدار قند در مناطق کشت شمال آلمان



شکل ۵- اندکس سلامتی و حوادث موظف به گزارش
حوادث موظف به گزارش شکر شمال – اروپای مرکزی
حوادث موظف به گزارش شکر شمال – اروپای شرقی



۴- نتایج حاصله از عملکرد مدیریت

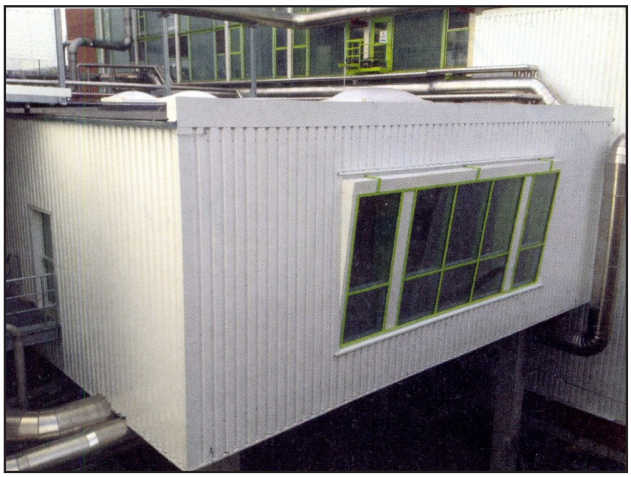
تمامی حوادث کاری موظف به گزارش در مناطق مرکز و شمال اروپا، در مقایسه با سال قبل کمی کمتر بود (شکل ۵) – قابل ذکر است که در منطقه اروپای شرقی برای اولین بار حادثه کاری برابر (صفر) بود.

اروپای شمالی

اندکس سلامتی (زمان‌هایی که افراد به علت بیماری و یا حوادث کار نمی‌کنند) ۴۵/۷ درصد سال گذشته بود.

سرمایه‌گذاری‌ها

در سال مالی ۱۵-۲۰۱۴ سرمایه‌گذاری‌ها بر روی بهبود پروسه تولید، صرفه‌جویی در انرژی و محیط زیست متمرکز بود. در کارخانه Clauen اولین قسمت کنترل مرکزی آماده شد. در سال ۲۰۱۴ ساختمان این قسمت ساخته شده بود (شکل ۶)



شکل ۶- اولین نمای کنترل مرکزی Clauen

قسمت داخلی، همچنین تجهیزات صنعتی در سال ۲۰۱۵ ساخته می‌شوند و قرار است برای بهره‌برداری ۲۰۱۵ آماده شود.

توسط شرکت Avacon natur در هر کدام از کارخانه‌های Nordstemmen و GroB Munzel یک BHKW ساخته شد (شکل ۷)

شکل ۷- کارخانه شکر مایع GroB Munzel

برای بهبـود کیفیت در کارخانه Nordstemmen دو دسـتگاه ماشین الک شکر سفید و همچنین تجهیزات انتقال شکر تعویض شدند.

شکل ۸- دستگاه‌های الک در کارخانه Nordstemmen

جهـت نگهداری و سـرویس‌دهی بهتـر به خریـداران در کارخانه Uelzen یک تانک ملاس با ظرفیت ۳۰ هزار تن نصب شد (شکل ۹)

شکل ۹- تانک ملاس در کارخانه Uelzen

همچنین یک دستگاه تبادل حرارتی بخارات کریستالیزاسیون در کارخانه Uelzen نصب شد. (شکل ۱۰)

شکل ۱۰- تبادل حرارتی بخارات کریستالیزاسیون در کارخانه Uelzen

۶- توقفات در بهره‌برداری ۲۰۱۴

در بهره‌برداری ۲۰۱۴ در برخی از دستگاه‌ها مشکلاتی ایجاد شد.

در کارخانه Clouen : در شیفت شب، به علت پاره شدن تسمه موتور الک لرزان کوره آهک، شارژ آهک کوره متوقف و در نتیجه مصرف چغندر قطع شد که با کمک یک جرثقیل اقدام به تعمیر آن گردید. (شکل ۱۱)

شکل ۱۱- خرابی ناودانی اولیه کوره آهک در کارخانه Clouen

به علت سوراخ شدن دودکش اضطراری کوره آهک که منجر به خروج گاز در فضا شـد، کارگران مجبور به استفاده از ماسک‌های تنفسی شدند (مرز پایین انفجار CO=۱۱/۳ Vol٪)

در کارخانـه Nordstemmen : هنـگام عقب رفتن یک کامیون و برخورد آن با لوله آب شستشـوی چغندر، لوله دچار آسیب شـد که خوشبختانه چون سوراخ نشـده بود، تا پایان بهره‌برداری به همان طریق از آن استفاده شد (شکل ۱۲)

شکل ۱۲- آسیب وارد شدن به لوله توسط کامیون در کارخانه Nordstemmen

کارخانــه Uelzen : قلاب نوک تیز کنــار یک کامیون باعث وارد کردن آسیب به تسمه چغندر شد (این تسمه ۲ متر عرض و ۴۲۵ متر طول دارد). این تسمه چغندر شسته شده را از قسمت شستشــو به مخزن انتقال می‌دهد. آســیب وارد شده به طول ۶ متر و عرض ۲۰ ســانتیمتر بود که با پیچ و مهره ترمیم شــد و بالاجبار صفحه تمیزکننده تماس از روی تسمه برداشته شد.

شکل ۱۳- تسمه پاره شده انتقال چغندر شستشو شده به بونکر چغندر

کارخانــه Klein Wanzleben : در هنگام کنترل ترومل شستشــوی اولیه چغندر، ترکی در سطح رینگ دوار مشاهده شد (شــکل ۱۴). پس از بررســی‌های بعدی مشخص شد که ترک‌های دیگری هم در این رینگ ایجاد شده است. تعمیرات در محل و توسط شرکت تخصصی Metalocx انجام شد. به علت ایجاد حرارت در هنگام جوشکاری و سرد کردن محل‌های جوشکاری، ترومل ناگزیر به توقف‌های طولانی بود که در این مدت از تسمه اضطراری استفاده شد.

کارخانــه Uelzen: در کارخانه Uelzen بدون مشــخص شــدن علت در بالای سیلوی ۹ یک آتش‌سوزی رخ داد (شکل ۱۵)... ســقف بالای سیلوی ۹ شکست و تسمه انتقال شکر بر روی سیلوی ۸ و ۹ سقوط کرد. در این اتفاق سقف سیلوی ۸ هم آسیب دید. اطفای حریق با کمک پلیس و با استفاده از دو دســتگاه بالگرد انجام شد. این هلیکوپترها در مدت چند ثانیه ۲۰۰۰ (دو هزار) لیتر آب از مخازن خود بر روی آتش ریختند.

شکل ۱۴- خرابی چرخ دوار شستشو مقدماتی در کارخانه Klein Wanzleben

شکل ۱۵- آتش‌سوزی در سیلوی کارخانه Uelzen

بــه علت تاریکــی مطلق شــب، خلبان‌ها مجبــور به توقف عملیات شــدند. دو دستگاه ایرباس از شهر هامبورگ به محل اعزام شدند و توسط برجک‌های تلسکوپی از زمین به خاموش کردن آتش پرداختند.

سیلوی ۸ در بهره‌برداری مجدداً مورد بهره‌برداری قرار گرفت و تعمیرات سیلوی ۹ به بعد از بهره‌برداری موکول شد. استفاده از ســیلوی ۹ پس از بتن‌ریزی و آزمایشات لازم، مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

آدرس نویسنده مقاله: elmar.kuhnt@nordzucker.de